

Estudio Sobre Experiencias y Exigencias Internacionales en el Manejo de Residuos de las Plantas de Producción de Agua Potable

Informe Final

para

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS SANITARIOS - SISS

Dirección: Moneda N°673, Piso 7, Santiago

Contacto: Elba Vargas

E-Mail: evargas@siss.gob.cl

preparado por

ECOTEC INGENIERÍA LTDA.

Dirección: José Victorino Lastarria N° 70 – Of. 213, Santiago

Contacto: Gerhard Schleenstein

E-Mail: info@ecotec-ingenieria.cl

INVERSIONES E INMOBILIARIA HUIQUILAF LTDA.

Dirección: Av. Las Torres N° 4873, Peñalolén

Contacto: Natalia Muñoz H.

E-Mail: info@huaiquilaf.cl

Santiago, Diciembre de 2021

Resumen ejecutivo

El objetivo del estudio es *“conocer la experiencia internacional y exigencias existentes para el manejo de los residuos líquidos y lodos generados en las plantas de producción de agua potable en adelante residuos, considerando desde su origen hasta su disposición, reutilización, reciclado o reducción. Por otro lado, conocer los requisitos en el monitoreo y control en las diferentes etapas de su manejo, enfocado en las plantas de agua potable de las tecnologías existentes en el país, y que se tengan implementadas en otros países con mayor grado de desarrollo tecnológico y con políticas para el manejo de dichos residuos, entre los cuales podrá considerar la reducción, reúso y reciclado.”* A lo anterior se suma el análisis de los expedientes de tramitación ambiental y de las resoluciones de calificación ambiental de una serie de plantas desalinizadoras y de plantas convencionales *“identificando los compromisos y exigencias ambientales, además de las brechas respecto de las exigencias internacionales, junto con una propuesta de programa de autocontrol de los parámetros críticos.”*

Revisión de la normativa internacional

En el informe en mano se expone la realización de una exhaustiva revisión de la normativa internacional - legislación, reglamentos, normas y requisitos - sobre plantas de producción de agua potable, que se refieren a exigencias en el manejo de los residuos generados, y el control o monitoreo del tratamiento de los residuos generados en todas las etapas de su manejo. En específico se detalla la normativa de países europeos (Alemania, Austria, Suiza, España), incluyendo la normativa comunitaria. A estos países se agrega Israel, Singapur, Canadá y México, en donde se realiza una breve descripción del sector sanitario, su estructura, además de la legislación sobre agua y gestión de residuos en general, para posteriormente enfocar en los requisitos al manejo de residuos sólidos y líquidos que se generan en las plantas de tratamiento de agua potable. En tablas resumen se realiza una comparación de los requisitos generales así como una comparación detallada de las normas de descarga al alcantarillado público y a aguas superficiales.

Generalmente a las descargas provenientes de plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) aplican normas de descargas generales. Se encontraron pocas normas específicas que se refieren a descargas de PTAP; solamente se identificaron en Alemania y Austria. Se entregan traducciones de ambas normas de emisión. Adicionalmente se elaboraron traducciones íntegras de dos normas técnicas alemanas que dan cuenta exhaustivamente de las opciones de minimización, utilización y eliminación de lodos y residuos sólidos de las plantas de tratamiento de agua potable, así como las opciones de manejo de las aguas de retrolavado de filtros y otros líquidos que contienen lodos.

Revisión de expedientes de tramitación ambiental

Se realizó una minuciosa revisión de 20 expedientes de tramitación ambiental de 17 plantas de tratamiento de agua potable, que se aprobaron desde fines de los años noventa hasta la actualidad. Comprenden diferentes tecnologías, tales como plantas desaladoras de agua de mar, de agua salobre, así como plantas de tecnología tradicional. Además cubre diferentes formas de manejo de sus efluentes, tales como la recirculación completa (cero descarga), evaporación, descarga a plantas de tratamiento de aguas servidas, a cuerpos de agua fluviales con o sin mezcla y dilución con otros efluentes, así como también la descarga al mar de la salmuera.

Descontando las plantas que nunca se construyeron, aquellas que no realizan descargas, entre otras situaciones, finalmente se proponen siete resoluciones de programas de monitoreo específicos para aquellas plantas que hoy en día no cuentan con dicho requisito. Adicionalmente

se elaboraron dos programas de monitoreo genéricos para plantas de tratamiento con tecnología tradicional, para descargas a aguas fluviales con y sin capacidad de dilución del cuerpo receptor.

Además se elaboró una lista de chequeo de ayuda a un eventual programa de control fiscalizable por la SISS de acuerdo a las tecnologías consideradas, para las plantas productoras de agua potable relacionadas con el manejo, disposición y/o reúso de los residuos líquidos y/o lodos generados en el proceso de producción.

Determinación de brechas

Se determinaron las brechas existentes en el país respecto de las exigencias en países de referencia para el manejo, disposición y/o reúso de los residuos líquidos y/o lodos generados en el proceso de producción de agua potable. Lo anterior en base a la comparación de las resoluciones de calificación ambiental con la normativa internacional.

En términos generales, no se encontraron brechas relevantes para los siguientes casos:

- La obligación de someter a las plantas de tratamiento de agua potable al sistema de evaluación ambiental es similar o más estricta en Chile que en los otros países revisados.
- La descarga del rechazo de las plantas de tratamiento por osmosis inversa al mar es una práctica ampliamente aceptada a nivel mundial.
- El manejo de las aguas provenientes de los procesos de tratamiento tradicionales no constituye un problema técnico relevante para la descarga a los cuerpos receptores. En el caso de considerarse la aplicabilidad del D.S. MINSEGPRES N°90/00, el hecho que la normativa internacional a menudo sea más estricta en el parámetro de mayor relevancia, los sólidos suspendidos totales, no es un problema específico para las plantas de tratamiento de agua potable chilenas, sino más bien una brecha general de norma de emisión a aguas superficiales continentales.
- El manejo de aguas con salinidad elevada históricamente ha sido uno de los principales obstáculos para tecnologías de membrana (ultrafiltración y osmosis inversa), por lo cual el desafío en el caso del uso de agua salobre en el interior de los territorios ocurre en todos los países. La opinión científica general indica que para las descargas de salmuera a aguas superficiales continentales “todavía no existe un modelo de gestión sostenible y económicamente viable. Adicionalmente, la posible presencia de elementos tóxicos en el agua tratada, que pasarán al rechazo y serán concentrados tras el proceso, puede generar una problemática a estos vertidos de difícil solución” (Zarzo, 2017:27). La mezcla de estas aguas, previa descarga, por ejemplo con el efluente tratado de las plantas de tratamiento de aguas servidas, supone un (leve) aumento de la salinidad en el cuerpo receptor, pero puede llegar a ser aceptado.
- El manejo de los residuos o lodos generados en las plantas de tratamiento de agua potable puede ser muy diferente en los países revisados. Generalmente se avanza hacia la minimización en su generación, su reutilización, y, en la medida de lo posible, en evitar su disposición final. Si bien en los países más industrializados, y en comparación con Chile, se identifica un abanico mayor de opciones para la reutilización, esto no se considera una brecha mayor.

Las principales diferencias, sobre todo con los países europeos con larga trayectoria en el tratamiento de aguas, consisten en lo siguiente:

- En ningún país revisado se han encontrado pistas que eximan las descargas provenientes de PTAP de las normas de emisión generales. En este sentido, la práctica

chilena actual, de no considerar las PTAP como fuentes emisoras está en contraposición con la experiencia internacional revisada.

- La normativa ambiental en estos países en general obliga a implementar procesos acorde al estado de arte o, incluso, acorde a las mejores técnicas disponibles, que frecuentemente son establecidas por organismos técnicos no gubernamentales. Chile carece de esta forma de autorregulación por un lado y por otro lado entrega a las empresas sanitarias mayores libertades en elegir los procesos de tratamiento que estimen convenientes, aplicando casi exclusivamente estímulos económicos a través de los procesos de fijación de tarifas.
- También se observan normas de emisión específicas para las diferentes actividades económicas, permitiendo mayores o menores límites dependiendo no sólo de la tecnología disponible para el tratamiento de los efluentes, sino también de la magnitud de la actividad y de sus descargas.
- Más allá de requisitos generales a las descargas directas, la política europea avanza en dirección de un manejo a nivel de cuencas, determinando criterios de calidad y en relación a lo anterior pueden limitar descargas en función de su concentración o carga. También en los países del norte de América se tienen dos vías de fijación de normas de emisión, sea por capacidad tecnológica o para asegurar la calidad del cuerpo receptor.
- Lo anterior se debe valorar especialmente con ciertas excepciones que en varios países existen en reglas y normas generales, donde se pueden obtener permisos especiales para descargas excediendo los límites máximos permisibles. Esta vía en Chile parece mucho menos flexible considerando la legislación e institucionalidad existente.
- Algo similar se tiene en la normativa internacional para las descargas al alcantarillado público, en donde las concentraciones o cargas contaminantes pueden ser reguladas muy localmente o hasta por la propia empresa de servicios sanitarios.

En relación a la proposición de aspectos técnicamente factibles de implementar, este informe aporta en dos frentes. Para las tecnologías convencionales realiza la traducción de las dos principales normas técnicas alemanas que puedan servir de inspiración. Adicionalmente, se centra en la problemática de las descargas de salmuera a aguas superficiales continentales. Sin embargo, la concentración de la salmuera requiere el empleo de fuentes energéticas importantes. La evaporación natural en lagunas parece ser una solución solamente para plantas pequeñas. A juicio de los autores de la bibliografía revisada, la tecnología de evaporación-cristalización parece ser únicamente viable si va asociada a sistemas donde pueda recuperarse calor o vapor residual debido al alto consumo energético del proceso. Por lo tanto, el análisis general es que la gestión de salmueras de desaladoras de agua salobre en zonas interiores del país representa un problema no menor debido a que todavía no existe una solución universal que sea técnica y económicamente viable.

Abreviaturas y símbolos

AAEV	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (“Ordenanza del Ministro Federal de Agricultura y Silvicultura de Austria sobre la limitación general de las descargas de aguas residuales en aguas superficiales y al alcantarillado público”)
AEAS	Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento
AEDyR	Asociación Española de Desalación y Reutilización
AEV	Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Wasseraufbereitung (“ Ordenanza del Ministro Federal de Agricultura y Silvicultura de Austria sobre la limitación de las emisiones de aguas residuales procedentes del tratamiento del agua”)
Al	Aluminio
ANDESS	Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G.
AOX	Compuestos orgánicos halogenados absorbibles
APR	Agua Potable Rural
As	Arsénico
AWWA	American Waterworks Association
BOT	Build-Operate-Transfer
CEN	Comité Europeo de Normalización
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe (“United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean”)
CODELCO	Corporación Nacional del Cobre de Chile
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua (de México)
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente
COT	Carbono Orgánico Total
CWWA	Canadian Water and Wastewater Association
D.G.T.M. Y M.M.	Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
D.S.	Decreto Supremo
DAF	Dissolved Air Flotation (“Flotación por Aire Disuelta”)
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno (en cinco días)
DGA	Dirección General de Aguas
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
DIN	Deutsches Institut für Normung (“Instituto Alemán de Normalización”)

DOH	Dirección de Obras Hidráulicas
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (“Asociación Alemana de Agua, Aguas Residuales y Residuos”)
DVGW	Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (“Asociación Alemana de Gas y Agua”)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
ENAMI	Empresa Nacional de Minería
EPA	Environmental Protection Agency (“Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América”)
Fe	Hierro
GschV	Gewässerschutzverordnung (“Ordenanza Suiza sobre Protección de las Aguas”)
hab	Habitante
Hg	Mercurio
INN	Instituto Nacional de Normalización
ICE	Informe Consolidado de Evaluación (de Impacto Ambiental)
ISO	International Organization for Standardization (“Organización Internacional de Normalización”)
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz (“Ley de Economía Circular de Alemania”)
LAGA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (“Grupo de Trabajo Federal/Estatal sobre Residuos de Alemania”)
LAN	Ley de Aguas Nacionales (de México)
LER	Lista Europea de Residuos
LGV	Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (“Ordenanza Suiza sobre alimentos”)
MINSAL	Ministerio de Salud
MINSEGPRES	Ministerio Secretaría General de la Presidencia
MMA	Ministerio del Medio Ambiente
MTD	Mejor(es) Tecnología(s) Disponible(s)
MUA	Municipal Utilities Association (“Asociación de Empresas Municipales de Servicios Básicos de Israel”)
NBI	Nueva Base de Infraestructura
NCh	Norma Chilena
NMP	Número Más Probable
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana

NTU	Nephelometric Turbidity Unit (“Unidades Nefelométricas de Turbiedad”)
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OI	Ósmosis Inversa
OMWA	Ontario Municipal Water Association
ORD	Ordinario
ÖVAV	Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (“Asociación Austriaca de Gestión del Agua y los Residuos”)
ÖVGW	Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (“Asociación Austriaca del Gas y el Agua”)
PAS	Permiso Ambiental Sectorial
PIB	Producto Interno Bruto
PSA	Plan de Seguimiento Ambiental
PSU	Practical Salinity Unit (“Unidades Practicas de Salinidad”)
PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable
PTAS	Planta de Tratamiento de Aguas Servidas
PTOI	Planta de Tratamiento por Ósmosis Inversa
PTRIL	Planta de Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
RIL(ES)	Residuo(s) Industrial(es) Líquido(s)
RIS	Residuo Industrial Sólido
RO	Reverse Osmosis (“Osmosis Inversa”)
RPM	Resolución de Programa de Monitoreo
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SEIA	Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental
SEREMI	Secretaría Regional Ministerial
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMA	Superintendencia del Medio Ambiente
SPANDS	Un reactivo utilizado en el test de fluoruros mediante método fotométrico
SSed	Sólidos Sedimentables
SSR	Servicio Sanitario Rural
SST	Sólidos Suspendidos Totales
SVGW	Schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches (“Asociación Suiza de Gas y Agua”)
TCLP	Toxicity characteristic leaching procedure (“Procedimiento de Lixiviación Característica de

	Toxicidad")
TDS	Total Dissolved Solids ("Sólidos Disueltos Totales")
UE	Unión Europea
USD	United States Dollar ("Dólar de los Estados Unidos")
UTP	Unión Temporal de Proveedores
VDI	Verein Deutscher Ingenieure ("Asociación de Ingenieros Alemanes")
VSA	Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute ("Asociación de Profesionales Suizos de Aguas Residuales y Protección del Agua")
WHG	Wasserhaushaltsgesetz ("Ley Federal de Aguas de Alemania")
WRG	Wasserrechtsgesetz ("Código de Aguas de Austria")
ZPL	Zona de Protección Litoral

Índice

Resumen ejecutivo

Abreviaturas y símbolos

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS	1
1.2	CONTENIDOS DEL INFORME.....	2
2	SITUACIÓN NACIONAL	3
3	NORMATIVA Y EXPERIENCIA INTERNACIONAL	8
3.1	UNIÓN EUROPEA.....	8
3.2	REPÚBLICA FEDERAL DE ALEMANIA.....	11
3.3	CONFEDERACIÓN SUIZA	24
3.4	REPÚBLICA DE AUSTRIA	31
3.5	REINO DE ESPAÑA.....	37
3.6	ESTADO DE ISRAEL.....	48
3.7	REPÚBLICA DE SINGAPUR.....	53
3.8	CONFEDERACIÓN DE CANADÁ.....	59
3.9	ESTADOS UNIDOS MEXICANOS	65
3.10	OTROS PAÍSES	74
3.11	COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA RELEVANTE	77
3.12	TRADUCCIÓN DE NORMATIVAS	80
4	REVISIÓN DE RESOLUCIONES DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL	81
4.1	REVISIÓN DETALLADA DE RCA.....	81
4.2	COMPARACIÓN DE LAS RCA CON LA NORMATIVA INTERNACIONAL.....	117
4.3	DETERMINACIÓN DE BRECHAS	121
4.4	PROPOSICIÓN DE ASPECTOS TÉCNICAMENTE FACTIBLES DE IMPLEMENTAR EN EL FUTURO.....	123
5	PROPUESTA DE PROGRAMAS DE CONTROL	126
5.1	ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE PROGRAMA DE MONITOREO	126
5.2	LISTA DE CHEQUEO	127
6	BIBLIOGRAFÍA	128

Anexos

Anexo A: Propuestas de programas de monitoreo	(solamente en formato digital)
Anexo B: Check-list de apoyo a la fiscalización	
Anexo C: Traducciones al español de normas extranjeras relevantes	
Anexo D: Expedientes SEIA revisados	(solamente en formato digital)
Anexo E: Bibliografía y normas revisadas	(solamente en formato digital)
Anexo F: Comparación normativa	

1 Introducción

La Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) ha solicitado a las empresas Inversiones e Inmobiliaria Huaiquilaf Ltda. y Ecotec Ingeniería Ltda. (en UTP) desarrollar el servicio denominado “Estudio Sobre Experiencias y Exigencias Internacionales en el Manejo de Residuos de las Plantas de Producción de Agua Potable”, con la finalidad de conocer la experiencia internacional y exigencias existentes para el manejo de los residuos líquidos y lodos generados en las plantas de producción de agua potable.

1.1 Objetivos

De acuerdo a las bases técnicas, el objetivo del servicio licitado es *“conocer la experiencia internacional y exigencias existentes para el manejo de los residuos líquidos y lodos generados en las plantas de producción de agua potable, en adelante residuos, considerando desde su origen grado de desarrollo tecnológico y con políticas para el manejo de dichos residuos, entre los cuales podrá considerar la reducción, reúso y reciclado. Dentro de los países a considerar están por ejemplo países de la Unión Europea, Israel y, Singapur, entre otros.*

Otro de los objetivos es analizar las respectivas resoluciones de calificación ambiental (RCA) de las distintas plantas desalinizadoras de empresas sanitarias en Chile (alrededor de 20 PTOI) y de plantas convencionales, identificando los compromisos y exigencias ambientales, además de las brechas respecto de las exigencias internacionales, junto con una propuesta de programa de autocontrol de los parámetros críticos.” (SISS, 2021b)

Los **objetivos específicos** son los siguientes (SISS, 2021b):

- Revisar normativa internacional - legislación, reglamentos, normas y requisitos - sobre plantas de producción de agua potable, que se refieran a exigencias en el manejo de los residuos generados, y el control o monitoreo del tratamiento de los residuos en todas las etapas de su manejo.
- Elaborar un informe que contenga las normativas internacionales analizadas con las principales exigencias, e incluir los tratamientos para cumplir con dichas exigencias desarrolladas en dichos países, que cubra cada una de las tecnologías de tratamiento existentes en el país (cuando exista dicha normativa).
- Revisar las resoluciones de calificación ambiental (RCA) de plantas desalinizadoras de empresas sanitarias que cuenten con estas RCA, para determinar las exigencias y compromisos ambientales respecto del manejo de sus residuos y determinar las brechas en comparación con la normativa internacional.
- Revisar las resoluciones de calificación ambiental de plantas productoras convencionales de agua potable de empresas sanitarias, para determinar las exigencias y compromisos

ambientales respecto del manejo de sus residuos y determinar las brechas en comparación con la normativa internacional.

- Elaborar un informe de la revisión de las RCA y de las brechas encontradas con respecto a las exigencias normativas internacionales.
- Proponer un programa de monitoreo tipo para controlar el manejo de los residuos líquidos y lodos generados en los distintos procesos de producción de agua potable, tanto para las plantas convencionales como las PTOI, de las RCA revisadas.
- Proponer un programa de monitoreo para plantas convencionales que no cuentan con RCA de acuerdo a la normativa internacional revisada.

1.2 Contenidos del informe

El servicio contempla la entrega de los siguientes tres informes:

- Informe N° 1 “Normativa y exigencia aplicable a los residuos líquidos y lodos generados en las plantas de agua potable”,
- Informe N° 2 “Informe de requerimientos medioambientales y de brechas ambientales”,
- Informe N° 3 “Principales aspectos considerados en el programa de control”.

El informe en mano corresponde al Informe N°3 y final del proyecto, e incluye también los contenidos de los informes N°1 y N°2.

Estructura del informe

El informe en mano se ha estructurado de la siguiente manera:

- En el capítulo 2 se presenta brevemente la situación actual de las plantas de tratamiento de agua potable en el país
- En el capítulo 3 se realiza una revisión de la normativa y de las exigencias aplicables a los residuos y lodos generados en plantas de agua potable en seleccionados países europeos, Singapur, Israel, Confederación de Canadá, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América y Australia.
- En el capítulo 4 se presenta una breve revisión de las resoluciones de calificación ambiental (RCA) de plantas productoras con procesos tradicionales así como de plantas desalinizadoras de empresas sanitarias, determinando además las brechas en comparación con la normativa internacional.
- Finalmente, en el capítulo 5 se presentan los programas de monitoreo propuestos para las plantas desalinizadoras, y, respectivamente, para las plantas tradicionales.

2 Situación nacional

De acuerdo al Informe de Gestión del Sector Sanitario para el año 2020 (SISS, 2021a), existen 50 empresas de servicios sanitarios en operación que cuentan con concesiones de producción de agua potable y que abarcan un universo de poco más de 5,7 millones de clientes en 399 localidades del país. El 94% de éstos, casi 5,3 millones, son clientes residenciales que corresponderían a una población abastecida de poco más de 15,6 millones de habitantes. Además, la cobertura de agua potable en los territorios operacionales concesionados es del 99,9%. En los servicios urbanos, el consumo mensual promedio por cliente viene disminuyendo constantemente en la última década y actualmente es de 17,4 m³/mes, lo que equivale a una dotación de 161 L/hab/d. ANDESS (2021) cifra el consumo promedio de los hogares en 14,9 m³/mes, lo que probablemente también disminuiría la dotación netamente residenciales, si no se considera los clientes comerciales e industriales. (SISS, 2021a)

A lo anterior se agregan los servicios sanitarios rurales (SSR), en donde unas 2 millones de personas son abastecidas por 2.239 servicios (SISS, 2021a). Por lo tanto, de la población total estimada en 18,5 millones de habitantes en el país, quedaría aproximadamente un millón de habitantes con soluciones individuales de agua potable o, en menor medida, sin acceso a ello o con abastecimiento alternativo de agua. En todo caso, estas cifras pueden variar según fuente consultada. CEPAL (2020:26) indica que para el año 2017, unas 215.000 personas carecían de acceso a agua potable manejada de forma segura. Hay un número elevado de los SSR (antiguamente llamados “Agua Potable Rural (APR)”) en convenio de asistencia técnica de la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) y las empresas sanitarias, específicamente unos 1.865 a nivel nacional, que abastecen al 99% de la población de zonas rurales concentradas, con 1,7 millones de beneficiarios (ANDESS, 2019). Históricamente, el programa de APR ha sido internacionalmente reconocido y valorado. Recientemente, CEPAL (2020:26) recomienda la experiencia y el éxito de Chile en esta materia como ejemplo para otros países de la región.

En relación a las fuentes de abastecimiento de los servicios urbanos, son 1.780 captaciones. En términos de las capacidades operativas de producción instalada, se tiene que un 54,6% proviene de aguas subterráneas, un 44,3% de aguas superficiales continentales y un 1,1% de aguas marinas, siendo la capacidad máxima de producción de agua potable de 106,2 m³/s. La producción de agua por las empresas de servicios sanitarios anualmente suma 1,8 mil millones de metros cúbicos, lo que corresponde a aproximadamente 56,7 m³/s o poco más de la mitad de la capacidad máxima de producción. El consumo de agua potable facturado en tanto es 1,2 mil millones de metros cúbicos, con lo cual la tasa de agua no facturada corresponde a un tercio del agua potable producida y en donde las pérdidas aparentes y sobre todo las físicas reales juegan un rol importante. (SISS, 2021a)

En términos generales, las empresas sanitarias exhiben un indicador de cumplimiento de la calidad del agua potable alto, cercano al 99%, no solamente para la producción de agua potable propiamente tal, sino también referida a la calidad de agua potable en las redes de distribución, que se pueden ver afectadas por la mala calidad de éstas. Asimismo, el indicador de continuidad del servicio de agua potable es alto para el sector sanitario nacional, llegando casi a un 100%, al igual que el indicador de presión del servicio, que en los últimos años se ha situado entre 98,5 y 99% (SISS, 2021a). Para los SSR, el servicio de agua potable desde la perspectiva de la inocuidad exhibe también un alto cumplimiento de la potabilización. (LAT, 2016:19)

El agua cruda normalmente requiere un tratamiento para cumplir con los requisitos de calidad de la normativa vigente, antes de ser distribuida a la población. En Chile, es la norma chilena oficial NCh409/1.Of2005, que establece los requisitos de calidad que debe cumplir el agua potable en todo el territorio nacional y se aplica al agua potable proveniente de cualquier servicio de abastecimiento. Esta norma ha sido declarada Oficial por Decreto Exento MINSAL N°446/2006.

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, para los 399 servicios de suministro anteriormente mencionados, se tienen 276 plantas de tratamiento de agua potable (PTAP), que en su gran mayoría utilizan tecnología de potabilización convencional o tradicional (“coagulación+floculación sedimentación+filtración”). En el norte del país se cuenta con un número importante de plantas de ósmosis inversa (PTOI), que generalmente se aplican en captaciones de agua subterránea salobre, pero tres plantas de las 22 están destinadas a tratar agua de mar. En la zona centro adicionalmente hay plantas que utilizan otras tecnologías, tales como adsorción e intercambio iónico.

Tabla N°2.1:
Tecnologías de las
Plantas de Tratamiento
de Agua Potable (PTAP)
en Chile

Fuente: SISS (2021a:46)

Región	Adsorción	Filtración	Intercambio Iónico	Ósmosis Inversa	Total general
Arica y Parinacota		3		3	6
Tarapacá		8		3	11
Antofagasta		6		4	10
Atacama		2		4	6
Coquimbo		13		4	17
Valparaíso	2	27		3	32
Metropolitana	4	37	1	1	43
Libertador Bernardo O'Higgins		12	1		13
Maule		13			13
Ñuble		11			11
Biobío		37			37
Araucanía		31			31
Los Ríos		14			14
Los Lagos		20			20
Aysén		9			9
Magallanes y de la Antártica Chilena		3			3
Total general	6	246	2	22	276

No obstante, estas cifras incluyen PTAP y PTOI en diferentes estados, no solamente aquellas en operación, sino también abandonadas, fuera de uso, de uso futuro y en reserva.

Tabla N°2.2:
Descripción de estado de
uso de PTAP de tecno-
logías tradicionales en
Chile

Fuente: SISS

Región	En operación	Abandonada	Fuera de uso	Reserva	Uso futuro	Total general
Arica y Parinacota	3					3
Tarapacá	8		1			9
Antofagasta	6					6
Atacama	3		1			4
Coquimbo	13	1		1		15
Valparaíso	25	1	1		1	28
Metropolitana	39				1	40
Libertador Bernardo O'Higgins	13					13
Maule	13					13
Ñuble	9		1			10
Biobío	35	2	1			38
Araucanía	28	1	1			30
Los Ríos	13	1				14
Los Lagos	19	2	1			22
Aysén	9					9
Magallanes y de la Antártica Chilena	3		1			4
Total general	239	8	8	1	2	258

Las tecnologías utilizadas en las PTAP tradicionales se presentan en la tabla que sigue.

Tabla N°2.3:

Tecnologías de tratamiento en PTAP de tecnologías tradicionales en Chile

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SISS

Región	Desarenador	Coagulación- Floculación	Sedimentador	Filtración	Número PTAP	Caudal [L/s]
Arica y Parinacota	0	0	1	3	3	240
Tarapacá	0	3	3	8	8	1.570
Antofagasta	0	5	5	6	6	1.624
Atacama	1	1	1	3	3	133
Coquimbo	2	1	2	13	13	1.322
Valparaíso	7	15	10	24	25	5.871
Metropolitana	14	17	17	38	39	31.119
Libertador Bernardo O'Higgins	5	9	4	11	13	1.284
Maule	1	7	12	12	13	505
Ñuble	2	4	4	9	9	716
Biobío	8	22	17	32	35	5.439
Araucanía	14	25	23	28	28	1.127
Los Ríos	0	7	2	13	13	1.106
Los Lagos	0	2	0	19	19	1.098
Aysén	2	2	1	9	9	580
Magallanes y de la Antártica Chilena	0	2	1	3	3	550
Total general	56	122	103	231	239	54.285

A continuación se presentan las características de las PTOI construidas en Chile.

Tabla N°2.4:

Características de las PTOI en Chile

Notas:

*Fuente:

AS Agua salobre

AM: Agua de mar

**La PTOI de Totoralillo es la única no operativa

Fuente: Elaboración propia a partir de antecedentes proporcionados por la SISS

Región	Sistema	Nombre	Año	Caudal [L/s]	Caudal descarte [%]	Fuente (*)	Filtro arena	Unidades de OI
Arica y Parinacota	Arica	Desaladora Lluta	1997	208	25	AS	Si	5
Arica y Parinacota	Arica	Pago de Gómez	2012	90	32	AS	No	3
Arica y Parinacota	Arica	Módulo OI Planta Estadio	2016	28	25	AS	Si	1
Tarapacá	Huara	Planta Sulfatos Huara	2009	3,6	40	AS	No	1
Tarapacá	Iquique – Alto Hospicio – Pozo Almonte	Planta Sulfatos Pozo-Almonte	2009	10,7	22	AS	No	1
Tarapacá	La Tirana	Planta Sulfatos La Tirana	2009	7,6	40	AS	No	1
Antofagasta	Gran Sistema Norte	Desaladora de Antofagasta	2003	850	50	AM	Si	8
Antofagasta	Tal Tal	Segunda Desaladora Taltal	2012	5	52	AM	Si	1
Antofagasta	Tal Tal	Desaladora de Taltal	2007	5,5	52	AM	Si	1
Atacama	Diego de Almagro – El Salado	PTOI	2003	33	35	AS	Si	108
Atacama	Copiapó – Tierra Amarilla	PTOI Placilla Sierra Alta	2012	217	42	AS	Si	50
Atacama	Copiapó – Tierra Amarilla	Osmosis Inversa CR	2015	127,5	25	AS	Si	486
Atacama	Inca de Oro	PTOI Inca de Oro	2016	2,75	25	AS	Si	6
Coquimbo	Andacollo	PTOI 2 El Peñón	2018	15	20	AS	Si	1
Coquimbo	Andacollo	PTOI 1 El Peñón	2018	15	20	AS	Si	1
Coquimbo	El Palqui	PTOI Nitratos El Palqui	2018	12,7	25	AS	Si	1
Coquimbo	Pichidangui	Osmosis Pichidangui	2015	40	35	AS	Si	30
Coquimbo	Totoralillo (**)	PTOI	2014	7	30	AS	Si	5
Valparaíso	Los Molles	PTOI Los Molles	2015	48	35	AS	Si	32
Valparaíso	Gran Valparaíso – Limache – La Calera – Quillota – La Cruz	PTAP Osmosis El Cristo	2015	40	30	AS	No	7
Metropolitana	Pomaire	Pomaire	2015	9	33	AS	Si	2

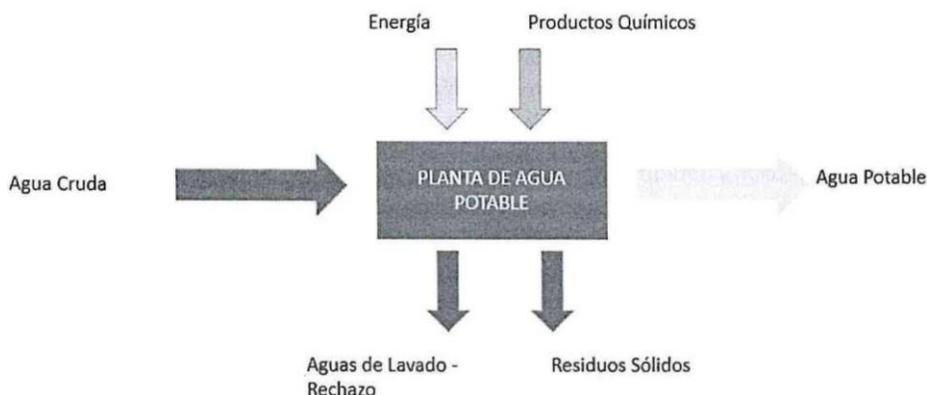
En términos generales, el tratamiento combina e integra una serie de operaciones físicas y de procesos químicos con la finalidad de lograr los requisitos de calidad establecidos para el producto final (agua potable, según NCh409/1.Of2005).

En un tratamiento tradicional o convencional de agua potable, se generan lodos o residuos sólidos, tales como, lodos provenientes de los sistemas de separación (sedimentación, filtración) luego de la etapa de coagulación/floculación (de existir), residuos de carbón activo (si se emplea carbón en polvo en el proceso de potabilización). También pueden generarse residuos líquidos, tales como aguas de lavado, o aguas de rechazo en las PTOI.

A continuación se presenta un esquema general del proceso de tratamiento, indicando insumos y residuos generados.

Figura N°2.1:
Esquema del proceso de
tratamiento de agua potable

Fuente: SISS (2021b)



En seguida se enumeran los principales residuos de las plantas de tratamiento de agua potable (IFARLE, 2012):

- Residuos de la coagulación/floculación generados principalmente en los decantadores y en los filtros (en general con contenido de coagulantes metálicos).
- Residuos de posibles procesos de ablandamiento.
- Residuos de la eliminación de hierro, manganeso, arsénico y del empleo de permanganato potásico.
- Residuos de carbón activado (sí se emplea carbón en polvo).
- Agua de rechazo (salmuera) y, eventualmente, agua de retrolavado, de procesos de membranas (con altos contenidos de sales).

A priori, se puede establecer, que el concentrado que se desecha en una planta de membranas (agua de rechazo) es usualmente clasificado como un residuo industrial, y a menudo requiere de tratamiento adicional antes de su disposición (AWWA, Manual M46, Reverse Osmosis and Nanofiltration). En general donde se trata agua de mar, se descargan los residuos al mar. (Ahumada, 2021)

Actualmente, en Chile las aguas de lavado o rechazo de los sistemas de tratamiento de agua potable, corresponden a plantas de osmosis inversa, la salmuera resultante en algunos casos se vierte al alcantarillado o es mezclada con efluentes de plantas de tratamiento de aguas servidas. Por otro lado, el rechazo de las plantas convencionales, tanto lodos sedimentados como agua de lavado de filtros, se hace prácticamente el 100% a un curso de agua natural.

En algunas plantas abatidoras de arsénico, que cuentan con canchas de secado de lodos, los percolados se usan en riego de áreas verdes o compactación de los terrenos del recinto. Además, como exigencias de su evaluación ambiental se contempla el monitoreo del D.S. MINSEGPRES N°90/00 Tabla N°4, cuando las descargas se efectúan dentro de la zona de protección litoral o estándares particulares para cada proyecto. (SISS, 2021b)

En relación a los proyectos de desalación que descargan a aguas marinas, éstos deben cumplir lo indicado en la "Guía sobre lineamientos técnicos mínimos para la Evaluación Ambiental de Proyectos Industriales de Desalación en jurisdicción de la Autoridad Marítima" (DIRECTEMAR, 2021). Comprende aquellos proyectos de desalación que se presenten o no al SEIA, siendo un complemento a los requerimientos establecidos en la Ley Sobre Bases Generales del Medio Ambiente N°19300 y en el Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (RSEIA). Dicha guía fue aprobada mediante ORD. N°12600/05/1447VRS de la Dirección General del

Territorio Marítimo y de Marina Mercante (D.G.T.M. Y M.M.) de la Armada de Chile, de fecha 15 de Noviembre del año 2021. Dicha guía se complementa con otras guías, tales como la “Guía metodológica de revisión sectorial de lineamientos oceanográficos para estudios de impacto ambiental, que contemplen descargas de residuos líquidos en jurisdicción de la Autoridad Marítima” aprobada mediante la resolución D.G.T.M. Y M.M. Ord. N°12600/05/1403 de fecha 9 de Noviembre del 2021. Además hay que tomar en consideración que para fines de estándares, esta guía considera la normativa española (Real Decreto 927/1998) y australiana (Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters).

3 Normativa y experiencia internacional

En esta sección se realizará una revisión bibliográfica de la normativa aplicable al manejo y disposición de los residuos y lodos generados en las plantas de agua potable (se excluyen por definición plantas que producen agua industrial no potable) de diferentes Estados Europeos, Singapur, Israel, Confederación de Canadá, Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América y Australia.

Específicamente se presentan las normativas relevantes y atinentes, señalando restricciones y recomendaciones, entre otros, sobre el manejo de los residuos y su disposición y/o reutilización.

3.1 Unión Europea

La Unión Europea (UE) es una comunidad política nacida para propiciar y acoger la integración y gobernanza en común en Europa. Actualmente está compuesta por 27 Estados europeos y fue establecida con la entrada en vigor del Tratado de la Unión Europea en 1993. En los Estados que componen la UE viven aproximadamente 450 millones de habitantes en una superficie total de poco más de cuatro millones de kilómetros cuadrados. La densidad poblacional entonces supera levemente los 100 hab/km². El Producto Interno Bruto (BIP) per cápita se eleva en aproximadamente USD 37.000.

Todos los Estados miembros son parte del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea. La política medioambiental europea se basa en los artículos 11 y el Título XX (artículos 191 a 193) de éste último. Según lo señalado en el Título I de la Primera Parte de este Tratado, la competencia en temas medioambientales es compartida, quiere decir que la Unión Europea y los Estados miembros pueden legislar y adoptar actos vinculantes, pero los Estados sólo ejercerán su competencia en la medida en que la Unión no lo haya hecho. El desarrollo sostenible es un objetivo general para la UE, que se compromete a *“alcanzar un nivel de protección elevado (...). Se basará en los principios de cautela y de acción preventiva, en el principio de corrección de los atentados al medio ambiente, preferentemente en la fuente misma, y en el principio de quien contamina paga.”* (Artículo 191). Es reconocido que la UE posee unos de los estándares medioambientales más elevados del mundo, desarrollados durante decenios.

Legislación sobre agua

Una de las preocupaciones medioambientales de la UE se refiere a asegurar una buena calidad de las aguas subterráneas y superficiales continentales en Europa. De este modo, la Directiva 2000/60/CE establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Esto incluye, entre otros, la protección de todas las formas de agua, la reducción de la contaminación en las masas de agua y la garantía de un uso sostenible del agua por parte de los particulares y de las empresas. Esta legislación confiere responsabilidades claramente definidas a las autoridades nacionales, principalmente relacionados con la gestión de cuencas. Pero también incluye la responsabilidad de registrar zonas protegidas como las que se utilizan para la obtención de agua potable. Como documento conexo se tiene la Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. Dicha directiva reconoce que *“las aguas subterráneas son el recurso hídrico más sensible e importante de la Unión Europea y, en particular, son la fuente principal del suministro público de agua potable. Las aguas subterráneas situadas en las masas de agua utilizadas para la extracción de agua potable, o que se pretendan utilizar con esta finalidad en el futuro, deben ser protegidas de modo que se*

evite el deterioro de la calidad de esas masas de agua, con objeto de reducir el nivel del tratamiento de purificación necesario para la producción de agua potable". En la misma línea, la Directiva 98/83/CE establece requisitos relativos a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. Dicha directiva no establece requisitos al tratamiento, solamente el requerimiento general que, de ser necesario, "se deban implementar técnicas de tratamiento apropiadas, para modificar la naturaleza o las propiedades del agua antes de su suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo de que el agua incumpla los valores paramétricos" establecidos en la normativa. Esta Directiva sin embargo está siendo derogada por la Directiva 2020/2184 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, que entrará en vigencia en el año 2023. Dicha Directiva amplía los requisitos de la normativa anterior, entre otras cosas por diversos análisis de riesgo, y requisitos a la calidad de los materiales, medios de filtración que entran en contacto con el agua potable, también durante el proceso de potabilización, así como los químicos utilizados. Sin embargo, no establece requisitos relativos con los residuos sólidos o líquidos que se puedan generar durante el proceso de potabilización.

La Directiva 91/271/CEE sobre tratamiento de las aguas residuales urbanas ya está vigente desde hace treinta años. Tiene por objeto proteger el medio ambiente de las repercusiones negativas (tales como la eutrofización) que producen las aguas residuales urbanas. Para ello establecen normas de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales. Además abarca las descargas directas de los residuos industriales líquidos de algunas industrias, pero no menciona la actividad de potabilización de agua entre ellos. Su importancia radica en que obliga a los Estados miembros a recoger y tratar las aguas residuales en zonas urbanas con una población de, al menos, 2.000 personas, y aplicar un tratamiento secundario a las aguas servidas. Además, para zonas urbanas con una población superior a 10.000 personas y situadas en zonas sensibles exige un tratamiento más avanzado, en cuanto a la eliminación de nutrientes. Establece además que los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales preferentemente deben ser reutilizados. Se suprime la evacuación de lodos hacia aguas superficiales. Ahora bien, esta Directiva no está dirigida a las PTAP, sino principalmente a las PTAS.

En relación a las descargas al mar, específicamente de las aguas de rechazo de las plantas desaladoras, CEDEX (2013:8) indica, que a nivel europeo no existe ninguna regulación que les aplique: "La Directiva 2006/11/CE, relativa al vertido de sustancias peligrosas al medio acuático, no incluye los componentes químicos característicos de la salmuera. La Directiva de objetivos de calidad en la depuración de aguas residuales urbanas (91/271/CE y 98/15/CE) establece el control en medio receptor sobre algunos parámetros potencialmente significativos en los vertidos de desalinizadoras pero, en general, con valores por encima de los previsibles para el caso de la salmuera. Otras Directivas, como la de Calidad de Aguas de Baño (2007/6/CE), establecen el control sobre parámetros biológicos propios de las aguas residuales urbanas, y no representativos de la salmuera. La Directiva de calidad de las aguas para la cría de moluscos (2006/113/CE) limita algunos parámetros de interés en nuestro caso: pH, sólidos en suspensión y oxígeno disuelto, entre otros, e incluso salinidad, pero los límites marcados se basan en los efectos sobre moluscos, no identificables a las fanerógamas marinas y otras especies susceptibles de afección. La Directiva Marco de Agua (2000/60/CE) recoge también la concentración salina como indicador físico-químico de calidad, pero sin fijar valores límite."

No obstante de lo anterior, puede haber normativas más exigentes sobre la materia en los diferentes estados miembros de la U.E.

Legislación sobre residuos

En la UE existe una variada legislación sobre residuos específicamente sobre residuos peligrosos, pero también sobre varios tipos de residuos que en Chile son sujetos a la responsabilidad extendida del productor.

Un documento central es la Directiva 2008/98/CE sobre residuos. Esta Directiva establece un marco jurídico para el tratamiento de los residuos en la UE y está concebido para proteger el medio ambiente y la salud humana enfatizando la importancia de utilizar técnicas adecuadas de gestión, recuperación y reciclado de residuos para reducir la presión sobre los recursos y mejorar su uso. Entre otros aspectos establece la jerarquía de prevención, reutilización, reciclado y valorización sobre la eliminación. Confirma además el principio de “quien contamina paga”, según lo cual, el productor original de los residuos debe pagar los costos de su adecuada gestión. Adicionalmente introduce el concepto de la “responsabilidad ampliada del productor” e introduce una distinción entre residuos y subproductos. Los productores o poseedores de residuos deben tratarlos ellos mismos o hacer que sean tratados por un operador oficialmente reconocido. Quedan excluidos de esta normativa los residuos radioactivos, aguas residuales o descargas de efluentes líquidos a las aguas continentales, entre otros.

Ligado a esta Directiva se tiene la Decisión de la Comisión 2000/532/CE que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos, donde los diferentes tipos de residuos de la lista están definidos plenamente mediante códigos de seis cifras. De este modo, los “Residuos de la preparación de agua para consumo humano o agua para uso industrial” cuentan con código LER (lista europea de residuos) propio (1909), lo que podría llevar a un manejo similar en todos los países Europeos. No obstante, la LER esencialmente es una lista de clasificación, donde se diferencia entre los siguientes residuos:

- 19 09 01 Residuos sólidos de la filtración primaria y cribado.
- 19 09 02 Lodos de la clarificación del agua.
- 19 09 03 Lodos de decarbonatación.
- 19 09 04 Carbón activo usado.
- 19 09 05 Resinas intercambiadoras de iones saturadas o usadas.
- 19 09 06 Soluciones y lodos de la regeneración de intercambiadores de iones.
- 19 09 99 Residuos no especificados en otra categoría.

Ninguna de las categorías de residuos anteriormente mencionadas es considerada residuo peligroso con arreglo a la Directiva 2008/98/CE.

Legislación sobre residuos peligrosos

La Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo de 2013 establece normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. En su artículo 23 sobre determinación de prácticas que conllevan material radiactivo natural establece que *“los Estados miembros se asegurarán que se identifique la clase o tipo de práctica que se lleve a cabo con material radiactivo natural y que den lugar a una exposición de trabajadores o de miembros de la población que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica. Esta identificación se llevará a cabo por medios adecuados, teniendo en cuenta los sectores industriales enumerados en el anexo VI.”* Uno de los sectores mencionados en el Anexo VI son las “instalaciones de filtración de aguas subterráneas”.

Emisiones industriales

La Directiva 2010/75/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre las emisiones industriales (prevención y control integrados de la contaminación) establece normas para evitar o, cuando ello no sea posible, reducir las emisiones a la atmósfera, el agua y el suelo, y evitar la generación de residuos con el fin de alcanzar un nivel elevado de protección del medio ambiente. En relación a su ámbito de aplicación cubre una serie de actividades industriales de sectores tales como energía, producción y procesamiento de metales y minerales, sector químico, gestión de residuos y

otros sectores como la producción de pasta de papel y papel, los mataderos y la cría intensiva de aves de corral y cerdos. Establece que dichas instalaciones solo pueden funcionar si disponen de un permiso. Además indica que las conclusiones sobre las mejores técnicas disponibles (MTD) adoptadas por la Comisión Europea sirven de referencia para el establecimiento de las condiciones de los permisos. No obstante lo anterior, no incluye plantas de tratamiento de agua potable dentro de su ámbito de aplicación.

Las plantas de tratamiento de agua potable tampoco están mencionadas en la Directiva 2011/92/UE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. No obstante, sí indica proyectos tales como “*perforaciones para el abastecimiento de agua*” (sección industria extractora) y “*proyectos de extracción de aguas subterráneas y de recarga artificial de acuíferos*”. Proyectos para la extracción de aguas subterráneas con volumen anual de agua extraída superior a 10 millones de metros cúbicos necesariamente debe contar con un informe de evaluación de impacto ambiental, según lo establecido en esta Directiva, para proyectos con un volumen inferior, los Estados miembros determinarán si el proyecto será objeto de una evaluación de conformidad con lo establecido en dicha Directiva.

3.2 República Federal de Alemania

Alemania limita al norte con el mar del Norte, Dinamarca y el mar Báltico; al este con Polonia y la República Checa; al sur con Austria y Suiza, y al oeste con Francia, Luxemburgo, Bélgica y los Países Bajos. Cuenta con una superficie de 357 mil kilómetros cuadrados y con una población de aproximadamente 83 millones de habitantes. La densidad poblacional por lo tanto se eleva a 232 hab/km². El país pertenece a la Unión Europea, además es miembro de la OCDE desde 1961.

Clima

La mayor parte de Alemania tiene un clima templado húmedo en el que predominan los vientos del oeste. El clima es moderado por la Corriente del Mar Atlántico Norte, que es la extensión Norte de la Corriente del Golfo. Este calentamiento de agua afecta a las zonas que limitan con el Mar del Norte y la zona a lo largo del río Rin, que ahí desemboca. Por consiguiente, en el Noroeste y el Norte, el clima es oceánico, las lluvias se producen durante todo el año con un máximo durante el verano. Los inviernos son suaves y los veranos tienden a ser frescos, aunque las temperaturas pueden superar los 30 °C durante períodos prolongados. Al Este, el clima es más continental, los inviernos pueden ser muy fríos, los veranos pueden ser muy cálidos, por lo que a menudo se han registrado largos períodos secos. La parte central y el sur son regiones de transición que varían de clima moderado a oceánico continental.

Actividades Económicas Predominantes

Por el desarrollo de su economía, es considerada en términos generales como la cuarta potencia mundial y la primera de Europa. Su PIB per cápita es de alrededor USD 52.000. Sus rubros industriales son diversos; los principales rubros son la fabricación de productos como medios de transporte, aparatos eléctricos y electrónicos, maquinaria en general, productos químicos, materiales sintéticos y alimentos procesados.

3.2.1 Caracterización del sector sanitario

Las precipitaciones medias en Alemania son del orden de 800 mm, de lo cual resulta una disponibilidad total anual de $188 \cdot 10^9$ m³. El uso del agua en Alemania dista mucho del uso que se le da en Chile. El 10,4% se usa en plantas termoeléctricas, el 3,8% en minería e industria procesadora, el 2,7% en el sector sanitario público y solamente el 0,1% en la agricultura (DWA,

2016). Los casi 83% restantes evaporan o fluyen como aguas superficiales al mar. Tal como se puede observar en la tabla que sigue, las fuentes de agua utilizadas para el suministro del agua potable son principalmente fuentes de agua subterránea:

Tabla N°3.1:

Fuentes de agua potable en Alemania para el año 2016

Fuente: Destatis (2018b)

Fuente	Volumen [10 ⁹ m ³]	Participación
Aguas subterráneas	3,3	61,2%
Agua de manantial	0,4	7,9%
Filtrado de orilla	0,4	8,0%
Aguas subterráneas artificialmente recargadas	0,4	9,3%
Aguas lacustres y embalses	0,6	12,3%
Aguas de río fluviales	0,1	1,2%
Total general	5,2	100%

El 99,4% de la población cuenta con suministro regulado de agua potable. El consumo de agua potable se redujo luego de la reunificación del año 1990 y en el año 2019 fue de $4,7 \cdot 10^9$ m³. El 81,5% del agua es consumida por clientes residenciales o pequeños comercios. El 18,5% restante por otros clientes. La dotación per cápita actual es del orden de 128 L/hab/d, cifra considerablemente inferior al consumo chileno. (Destatis, 2021)

En Alemania los municipios son los responsables de proveer los servicios básicos, tanto de agua potable, saneamiento y recolección de residuos. En el año 2016, los casi 10.800 municipios contaron con 5.845 empresas de servicios sanitarios. El aporte de empresas industriales e importaciones del extranjero no tienen relevancia en Alemania para el suministro de agua potable ya que su participación es inferior al 0,7%. El 43% de los municipios se abastecía exclusivamente de fuentes propias y el 32% de fuentes externas al municipio. El 25% se abastecía en forma mixta. En la gran mayoría de las más de 16.000 instalaciones de potabilización se contaba con fuentes de agua propias. En contraste a la tabla anterior, la cantidad de fuentes de aguas subterráneas es muy superior a fuentes superficiales: El 97,8% de los sistemas se abastecen de aguas subterráneas o de manantiales. El 2,6% utiliza filtrado de orilla o aguas subterráneas artificialmente recargadas, y apenas el 0,6% de las instalaciones utilizan aguas continentales superficiales. Del total de los $5,2 \cdot 10^9$ m³ de agua potable producido en 2016, el 88% llega a los consumidores finales. Las pérdidas suman menos del 9%. Menos del 3% corresponde a consumos propios de las plantas de tratamiento de agua potable. (Destatis, 2018a y 2018b)

El suministro de agua no pública para fines productivos supera el suministro de agua potable. De los $19,2 \cdot 10^9$ m³ de agua industrial, el 87% se utiliza para enfriamiento.

Tabla N°3.2:

Fuentes de agua industrial en Alemania para el año 2016

Fuente: Destatis (2018c)

Fuente	Volumen [10 ⁹ m ³]	Participación
Aguas subterráneas	2,3	12,0%
Agua de manantial	0,0	0,0%
Filtrado de orilla	0,5	2,4%
Aguas subterráneas artificialmente recargadas	0,2	0,8%
Aguas de río, lacustres y embalses	15,1	78,8%
Aguas salobres y de mar	1,0	5,5%
Otras	0,1	0,5%
Total general	19,2	100%

Los tipos de tratamiento utilizados en las plantas de tratamiento de agua potable fueron levantados mediante encuesta en el año 2008.

Tabla N°3.3:

Tipos de tratamiento utilizados en PTAP en Alemania para el año 2008

Nota: La encuesta fue respondida por aprox. 850 empresas

Fuente: DVGW (2008)

Tipo de tratamiento	Participación
Eliminación de hierro y/o manganeso	57%
Descarbonatación	47%
Filtración (lenta o rápida)	30%
Ajuste dureza	19%
Coagulación / Floculación	16%
Adsorción (carbón activado)	11%
Dosificación de inhibidores de la corrosión	9%
Oxidación (ozono, peróxido, permanganato)	9%
Mezcla de diferentes aguas	9%
Filtración de membrana (Nano-, ultrafiltración, osmosis inversa)	7%
Eliminación subterránea de hierro y/o manganeso	1%

Un levantamiento realizado en 1998 cifra los residuos sólidos y lodos generados en las plantas de tratamiento de agua potable en aproximadamente 180.000 toneladas (masa seca). Lo anterior corresponde a aproximadamente 2 kg/hab, lo que es un volumen muy inferior a los lodos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas servidas que en masa seca suman más de dos millones de toneladas anuales. Si bien las cifras no son las más recientes, se puede asumir que no han variado considerablemente en los últimos años. En cuanto a su procedencia se tiene lo siguiente:

Tabla N°3.4:

Residuos sólidos y lodos en plantas de tratamiento de agua potable en Alemania para el año 1998

Nota: ms: masa seca

Fuente: DWA (2009)

Residuo	Cantidad [t ms]	Participación
Residuos calcáreos	73.100	40%
Lodos de hierro y manganeso (de aguas subterráneas)	25.900	14%
Lodos de hierro y aluminio (de coagulación y floculación)	23.700	13%
Otros	58.600	33%
Total general	181.300	100%

3.2.2 Normativa

Las normas y directivas medioambientales vigentes en Alemania se basan en un sistema jurídico y reglamentario prácticamente completo. En Alemania no existe una normativa única para los residuos provenientes de las PTAP. Estos son tratados en diferentes normativas y regulaciones referidas al manejo de residuos en general. Además existen las disposiciones y normas técnicas de las asociaciones profesionales que definen el estado de arte sobre diferentes materias.

Legislación sobre agua

La Ley Federal de Aguas o Ley Federal de Gestión de Recursos Hídricos (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) constituye la parte principal de la legislación alemana sobre aguas. En la versión del 31 de julio de 2009, es una ley de competencia legislativa concurrente del gobierno federal. La Ley de Aguas contiene disposiciones sobre la protección y el uso de las aguas superficiales y subterráneas, así como normas sobre el desarrollo de las masas de agua y la planificación de la gestión del agua y la protección contra las inundaciones. Originalmente, la WHG era una ley marco del gobierno federal, que se complementaba con las leyes de aguas de los Estados Federados. Como resultado de la reforma del federalismo, el gobierno federal regula de manera concluyente la Ley de Aguas. Los Estados pueden desviarse de la normativa federal, excepto en el caso de las normativas relacionadas con las sustancias o las plantas de tratamiento (art. 72, párrafo 3 de la Ley). Además, la WHG contiene cláusulas de apertura para los reglamentos de los Estados Federados. Mientras el gobierno federal no haga uso de sus competencias para dictar ordenanzas y los Estados Federados no hayan adaptado sus leyes de aguas a la WHG, la eficacia

de las distintas disposiciones está sujeta a la interpretación jurídica. La WHG (y las ordenanzas dictadas en relación con ella) sólo sustituye a la legislación anterior de los Estados Federados cuando ella misma regula específicamente. La ley también incorpora a la legislación nacional diferentes cuerpos legislativos de la UE, tales como las Directivas comunitarias 2000/60/CE, 91/271/CEE y 2006/118/CE, entre otras. En lo primordial para este estudio, la WHG precisa algunos aspectos relacionados con las plantas de tratamiento de agua potable, tales como:

- Las instalaciones de extracción de agua sólo pueden construirse, mantenerse y explotarse de acuerdo con las normas técnicas generalmente reconocidas. (artículo 5 inciso 4)
- Las empresas sanitarias deben reducir las pérdidas de agua en sus instalaciones. (artículo 50 inciso 3)
- La descarga directa de aguas residuales provenientes de la potabilización en aguas superficiales es un “uso” de éstas últimas en términos del artículo 9 inciso 2, que requiere de un permiso según artículo 8 inciso 1 y artículo 57.
- No se pueden descargar residuos sólidos a aguas superficiales con la finalidad de disposición final. Lo anterior no aplica para sedimentos que fueron extraídos de un cauce. (artículo 32 inciso 1).
- Las aguas de lavado o de rechazo de plantas de tratamiento de agua potable se consideran aguas residuales por haber sido modificadas en sus propiedades. (artículo 54 inciso 1.)
- La descarga directa de aguas residuales requiere de un permiso. La cantidad de carga contaminante debe ser reducida de acuerdo al estado de arte con planta de tratamiento de aguas residuales correspondiente. Los detalles se regulan mediante ordenanzas específicas dictadas en la WHG o bien por los Estados Federados. (artículo 57 inciso 1)
- La descarga indirecta (descarga a una planta de tratamiento de aguas servidas comunal) requiere de un permiso. Los detalles se regulan mediante ordenanzas específicas de la WHG o bien por los Estados Federados. (artículo 58 inciso 1)

La Ordenanza sobre la Protección de las Aguas Superficiales (Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer / Oberflächengewässerverordnung – OGewV) también adopta la legislación europea (Directiva comunitaria 2000/60/CE, entre otras) a la legislación nacional. Entre otros aspectos fija criterios de calidad para las aguas superficiales. Su equivalente para las aguas subterráneas es la Ordenanza sobre la Protección de las Aguas Subterráneas (Verordnung zum Schutz des Grundwassers / Grundwasserverordnung – GrwV). Tienen en común el objetivo de describir el estado de estos cuerpos de agua, definir criterios de calidad y establecer como política que su calidad no debe empeorarse.

La Ordenanza sobre Descarga de Aguas Residuales en Cuerpos de Agua (Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer / Abwasserverordnung – AbwV) establece los requisitos mínimos para el vertido de aguas residuales en las aguas de las zonas de origen especificadas en los anexos, así como los requisitos para la construcción, el funcionamiento y la utilización de las instalaciones de aguas residuales. Específicamente su Anexo 31 se refiere a aguas residuales provenientes de instalaciones de tratamiento de agua (potable e industrial), sistema de enfriamiento y generación de vapor. Los requisitos a las descargas directas de aguas residuales provenientes de las plantas de tratamiento de agua son las siguientes:

- Límite máximo permisible de Sólidos Suspendidos Totales: 50 mg/L

- Las aguas residuales provenientes de los retrolavados de filtros deben ser recirculadas al proceso de tratamiento.
- En caso de mezclarse las aguas residuales provenientes de plantas de tratamiento de agua con otras aguas residuales previa a su descarga, las concentraciones iniciales de las aguas residuales provenientes de plantas de tratamiento de agua no deben exceder los siguientes límites:
 - Arsénico: 0,1 mg/L
 - Compuestos orgánicos halogenados absorbibles (AOX): 0,2 mg/L (1 mg/L en caso de aguas de regeneración de intercambiadores iónicos)

En el Anexo C se entrega una traducción al castellano de esta normativa.

Los límites máximos permisibles para descargas al alcantarillado público define cada operador de manera independiente.

En Alemania, la ley federal “Ley de Prevención y Control de Enfermedades Infecciosas en los Humanos” (Infektionsschutzgesetz – IfSG) es la base legal para garantizar y controlar la calidad del agua potable. Las autoridades de salud pública de los estados federales tienen la obligación legal de controlar regularmente las instalaciones de extracción y suministro de agua. En base a esta ley, el Ministerio Federal de Sanidad ha promulgado la “Ordenanza sobre la calidad del agua para el consumo humano” (Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch / Trinkwasserverordnung - TrinkWV) que especifica como puntos más relevantes:

- la calidad del agua potable,
- el tratamiento del agua,
- las obligaciones de los proveedores de agua, y
- el control del agua potable.

La Ordenanza sobre agua potable incorpora a la legislación nacional la Directiva comunitaria sobre la calidad del agua destinada al consumo humano (Directiva 98/83/CE). Sin embargo, contiene en parte requisitos más estrictos que la legislación europea. Un punto clave de la Ordenanza de Agua Potable es su referencia a las normas técnicas generalmente reconocidas (artículo 17). Lo anterior incluye normas nacionales (por ejemplo, DIN, DVGW, DWA, VDI) e internacionales (por ejemplo, CEN, ISO) para la producción, el tratamiento y la distribución de agua potable. Estos son generalmente aceptados y utilizados en el sector del agua potable. Si los usuarios respetan de forma demostrable estas normas e instrucciones técnicas detalladas, garantizan que el agua potable que llega al consumidor cumple los requisitos de la Ordenanza sobre Agua Potable. Sin embargo, la TrinkWV por sí misma no establece requisitos a los procesos en plantas de tratamiento de agua potable, ni al manejo de los residuos que se generan en ellos.

Legislación sobre residuos sólidos y lodos

Desde hace más de 25 años que Alemania con la Ley de Economía Circular (Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen / Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG). El KrWG regula la eliminación de residuos. Estos residuos deben evitarse en la medida de lo posible, reciclarse para obtener materiales o energía si es necesario, los residuos deben tratarse y luego -reducidos en volumen- eliminarse. La Ley no regula residuos gaseosos, residuos que se descargan a cuerpos de agua o al alcantarillado público, residuos peligrosos, mortalidad ni residuos mineros ni otros residuos especiales. Si bien la Ley incorporó las directrices europeas sobre residuos, históricamente ha sido muy superior en los requisitos, debido al elevado desarrollo de Alemania en el manejo de residuos. La Ley se compone de una serie de ordenanzas, y a su vez en instructivos técnicos que se dictaron en virtud de esta.

La legislación federal se complementa con la legislación de residuos de los respectivos estados federados, que suelen tener leyes de residuos con disposiciones complementarias, así como otras ordenanzas legales y reglamentos administrativos. Para armonizar las regulaciones de los diferentes Estados Federales se estableció la Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) como un órgano de trabajo de la Conferencia de Ministros de Medio Ambiente.

Una de las ordenanzas dictadas en virtud de la Ley es el catálogo de residuos (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV) que se adoptó en el año 2001 para homologar la clasificación europea de residuos (LER) y que establece una terminología común para la Comunidad Europea. Por lo tanto, este catálogo debe incorporarse a la legislación nacional con la misma redacción jurídicamente vinculante. Entonces, en Alemania se usan los mismos códigos LER, es decir el 1909 y sus sub-códigos aplican para residuos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable.

Otra de las ordenanzas es aquella sobre la utilización de residuos orgánicos de origen animal o vegetal en suelos (Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden / Bioabfallverordnung – BioAbfV). Lo importante para los fines del presente estudio es que permite la “mezcla” de ese tipo de residuos con otros. Si bien excluye residuos categorizados como lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, permite la generación de mezclas con lodos de descarbonación (código LER 190903). Según lo establecido en el Anexo 2 de esta ordenanza permite mezclas con lodos del código 190903 siempre y cuando no provengan de procesos de eliminación de hierro y manganeso. Además establece que las mezclas pueden aplicarse en pastizales y cultivos de campo que crecen a ras de suelo. Esta ordenanza es complementaria a la ordenanza sobre comercialización de abonos.

Los residuos calcáreos proveniente de plantas de tratamiento son explícitamente mencionados en la Ordenanza sobre comercialización de abonos, aditivos para el suelo, sustratos de cultivo y auxiliares vegetales (Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln / Düngemittelverordnung – DüMV). De acuerdo al punto 6.4.6 de la tabla 6 del Anexo 2, los lodos calcáreos provenientes del tratamiento de aguas pueden servir como mejorador de suelo alcalino de acuerdo a la ordenanza, siempre y cuando provengan exclusivamente de un proceso de ajuste de dureza y que cumplan adicionalmente los requerimientos de mejoramiento de suelos alcalinos, como con lo siguiente:

- Granulometría: 97% debe pasar malla de 3,15 mm y 7% debe pasar malla de 1,0 mm.
- Contenido de hierro (medido como Fe_2O_3): $\leq 5\%$ (en masa seca)
- Contenido de manganeso (medido como MnO): $\leq 5\%$ (en masa seca)
- No puede contener lodos de procesos de eliminación de hierro ni manganeso.

Tal como se ha señalado, para los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales existe una ordenanza especial dictada en virtud de la Ley de Economía Circular. La Ordenanza sobre reutilización de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales (Verordnung über die Verwertung von Klärschlamm, Klärschlammgemisch und Klärschlammkompost / Klärschlammverordnung – AbfKlärV). Esta ordenanza regula la aplicación o introducción de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, mezclas de lodos y compost de lodos para su reciclado como sustancia conforme a la Ordenanza sobre abonos; el suministro de lodos de depuradora para la producción de una mezcla de lodos de depuradora o de un compost de lodos de depuradora; entre otros aspectos. En lo relativo al estudio, esta ordenanza en su artículo 2, inciso 7 permite la elaboración de mezclas de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales con sustancias indicadas en las tablas 7 y 8 del Anexo 2 de la Ordenanza de abonos. Ahí se señalan en el punto 8.1.4 “coagulantes” (sales de hierro, aluminio, magnesio y cal) con la finalidad de precipitación de fósforo y azufre, lo que abre la posibilidad, limitada por cierto,

de uso de algunos lodos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable en ser utilizados en la preparación de dichas mezclas.

Legislación sobre residuos peligrosos, especiales y protección radiológica

Tal como se ha señalado precedentemente, los residuos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable a priori no son considerados peligrosos. No obstante lo anterior, en casos puntuales puede haber circunstancias donde sean categorizados como residuos peligrosos.

Alemania ha implementado los requisitos de la Directiva 2013/59/EURATOM sobre normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. Lo anterior en el año 2017 mediante la Ley sobre protección radiológica (Gesetz zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung / Strahlenschutzgesetz – StrlSchG) y su ordenanza del año 2018 (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV).

De ahí que derivan algunos requisitos adicionales a la Ordenanza sobre agua potable en relación a algunos radionucleidos, además de ciertos requisitos de informar de las empresas sanitarias. En el anexo 1 de la Ley sobre protección radiológica, la grava filtrante, la arena filtrante y el carbón activado granulado se incluyen por primera vez en la lista de residuos que deben tenerse en cuenta y, por lo tanto, están sujetos a la normativa de la esta Ley.

Si los residuos provenientes de las plantas de tratamiento de agua potable se reciclan en productos de construcción, también deben cumplirse los requisitos de la recomendación europea sobre la radiactividad natural en los materiales de construcción, según la cual los materiales de construcción disponibles en el mercado no deben provocar un aumento de la exposición a la radiación de la población. La Ley sobre protección radiológica también establece normas para los productos de construcción, que entraron en vigencia el año 2018. Además, hay que comprobar si el reciclaje o la eliminación previstos están permitidos por la legislación sobre residuos. Especialmente en el caso del reciclaje en la construcción de jardines o carreteras, deben tenerse en cuenta los requisitos para el reciclaje de materiales de residuos minerales/residuos del Grupo de Trabajo Federal/Estatal sobre Residuos (LAGA) sobre el comportamiento de lixiviación de los residuos minerales ya que los radionucleidos de los residuos pueden liberarse con el lixiviado durante el vertido o el reciclaje en la construcción de carreteras y, sobre todo, en la jardinería infiltrando en las aguas subterráneas.

Hasta ahora, la eliminación específica de radionucleidos durante el tratamiento del agua no se ha llevado a cabo normalmente en Alemania. Sin embargo, los radionucleidos pueden acumularse en algunos de los residuos hasta un nivel superior al que se encuentra de forma natural en los suelos y las rocas. Las aguas superficiales tienen una menor concentración de radionucleidos naturales que las aguas subterráneas, por lo que cabe esperar residuos con mayor contenido de radionucleidos durante el tratamiento de las aguas subterráneas en particular. Hasta ahora, los radionucleidos (especialmente el uranio) raras veces se han eliminado como parte del tratamiento del agua potable. Sin embargo, desde el año 2016, la Ordenanza sobre Agua Potable estipula límites para los radionucleidos naturales. Esto puede requerir nuevas instalaciones de eliminación de radionucleidos en determinadas empresas de suministro de agua. Sin embargo, hasta ahora en Alemania sólo se conoce procesos de tratamiento adicionales para la eliminación del uranio. Una forma muy eficaz de eliminar el uranio del agua es utilizar resinas de intercambio de iones específicos. Con una alta ocupación de las resinas, se pueden producir actividades específicas de varios 100 becquerels¹ por gramo para el uranio-238 y el uranio-234 en relación con la masa húmeda. Para simplificar la eliminación de los residuos, las resinas se cambian ya en una ocupación parcial, es decir, después de una vida útil más corta. Dependiendo del control del proceso, esto conduce a una menor actividad específica (10 o 50 becquerel por gramo). En

¹ Becquerel: actividad específica de una cantidad de material radiactivo con decaimiento de un núcleo por segundo

Alemania, el volumen anual de residuos con contenidos elevados de radionucleidos se estima en menos de 100 toneladas. Otro material absorbente es el carbón activado. Las empresas de suministro de agua rara vez utilizan filtros de carbón activado puro. Para complementar la eliminación del manganeso, el hierro o los ácidos, algunas empresas de suministro de agua utilizan carbón activado en sistemas de filtrado multicapa. El rango de actividad específica para el radio-226 y el uranio-238 en el carbón activado usado es de menos de 0,2 a 10 becquerels por gramo. Se esperan menos de 1.000 toneladas anuales como residuos con un contenido elevado de radionucleidos. (BFS, 2021)

3.2.3 Normativa técnica

Tal como se ha señalado precedentemente, existen en Alemania organizaciones y asociaciones de profesionales del agua que definen el estado de arte y las normas técnicas generalmente reconocidas. La legislación nacional frecuente recurre a exigir el cumplimiento del estado de arte definido por estas organizaciones. Para temas relacionados con producción de agua potable, y manejo de aguas residuales y residuos sólidos existen principalmente dos organizaciones importantes:

Asociación Alemana de Gas y Agua (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. - DVGW)

La DVGW es la red de competencias para todas las cuestiones relacionadas con el suministro de gas natural y agua potable. Promueve y apoya al sector del gas y el agua en todas las cuestiones técnicas y científicas. En su trabajo, la DVGW se centra especialmente en los temas de seguridad, higiene, protección del medio ambiente y protección del consumidor. Con el desarrollo de sus normas técnicas, la DVGW permite la autogestión técnica de la industria del gas y del agua en Alemania. De este modo, garantiza un suministro seguro de gas y agua de acuerdo con las normas internacionales más estrictas. Fundada en 1859, la asociación cuenta con unos 14.000 miembros. La DVGW es económicamente independiente y políticamente neutral. A nivel local, la DVGW actúa a través de sus grupos de distrito, mientras que a nivel suprarregional, los grupos regionales son el primer punto de contacto para los miembros. Los temas de dimensión nacional o europea se cubren en la sede central de Bonn, con oficinas en Berlín y Bruselas.

Asociación Alemana de Agua, Aguas Residuales y Residuos (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. – DWA)

La DWA se ocupa de todas las cuestiones relacionadas con el agua. Está comprometida con el desarrollo de una gestión segura y sostenible del agua. Como organización política y económicamente independiente, trabaja profesionalmente en los ámbitos de la gestión del agua, las aguas residuales, los residuos y la protección del suelo. La DWA es a la vez un organismo que establece normas y una institución educativa. En Europa, la DWA es la asociación con mayor número de miembros en este ámbito y ocupa una posición especial debido a su competencia técnica en materia de normalización, educación e información del público. Los aproximadamente 14.000 miembros representan a expertos y gestores de municipios, universidades, oficinas de ingeniería, autoridades y empresas.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA)

La Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) es un órgano de trabajo de la Conferencia de Ministros de Medio Ambiente; se fundó en 1963 con el objetivo de garantizar que la legislación sobre residuos de la República Federal de Alemania se aplique de la manera más uniforme posible en todos los Estados Federados. Con el fin de debatir cuestiones relativas a la legislación sobre residuos entre los Estados Federados y desarrollar soluciones conjuntas, la LAGA

promueve el intercambio de experiencias e información entre el Gobierno Federal y los Estados Federados y mantiene contactos con asociaciones y grupos de interés. Con sus folletos, directrices y publicaciones informativas, LAGA publica directrices indispensables para la aplicación de la legislación sobre residuos.

3.2.3.1 DVGW W-221 Residuos y subproductos de plantas de tratamiento de agua potable

La DVGW W-221 se compone actualmente de una serie de cuatro “hojas de trabajo” (Arbeitsblatt - A) sobre diferentes aspectos relacionados con residuos y subproductos de plantas de tratamiento de agua potable. Las “hojas de trabajo” describen el estado de desarrollo de los procedimientos, equipos y métodos operativos avanzados que, según la opinión predominante de los principales expertos representativos, se consideran técnicas y/o higiénicamente necesarios, adecuados y apropiados y que han demostrado su eficacia en la práctica.

- DVGW W 221-1 (A) Parte 1: Principios de diseño y operación. Febrero 2020.
- DVGW W 221-2 (A) Parte 2: Tratamiento. Abril 2010.
- DVGW W 221-3 (A) Parte 3: Minimización, utilización y eliminación. Julio 2014.
- DVGW W 221-4 (A) Parte 4: Uso de aguas de retrolavado proveniente de la purificación de agua potable. Marzo 2016.

DVGW W 221-1 (A) Parte 1: Principios de diseño y operación

Este Código de Prácticas se aplica a la minimización, recuperación, tratamiento y eliminación de las sustancias que se producen como residuos durante el tratamiento del agua en el ámbito del suministro de agua potable o que se comercializan como subproductos. También puede aplicarse a residuos similares procedentes del tratamiento del agua.

Se definen los términos esenciales y se presentan los principios para el tratamiento de las aguas con pocos residuos y la gestión ecológica de los residuos inevitables. La hoja de trabajo también contiene disposiciones generales para el diseño de medidas adecuadas. La manipulación de residuos que contienen radionucleidos no es objeto de esta hoja de trabajo.

DVGW W 221-2 (A) Parte 2: Tratamiento

Este Código de Prácticas sirve de base para la determinación de los parámetros relevantes uniformes y de antecedentes básicos necesarios para los tratamientos aplicables. Además proporciona una visión global de los objetivos generales del tratamiento y del estado de arte de posibles tipos de tratamiento que se aplican en la actualidad.

DVGW W 221-3 (A) Parte 3: Minimización, utilización y eliminación

Este Código de Prácticas sirve de base para una consideración específica de todos los procesos relacionados con los residuos atinentes a su formación, utilización, eliminación o posible minimización. Proporciona información sobre la estimación de las cantidades de residuos y su composición. En función de la composición de los residuos, se indican estrategias de comercialización o de recuperación. Se describen los métodos de reutilización o reciclados habituales y sus características generales, y se consideran, a modo de ejemplo, las condiciones límite típicas del lugar, estacionales y de otro tipo. Los residuos pueden comercializarse como subproducto o reciclarse como “residuos para la recuperación” en el sentido legal.

Específicamente se señala en el documento lo siguiente (entre otros aspectos):

- Generación de residuos y posibilidades de reducción en origen
 - Residuos calcáreos provenientes del ablandamiento químico
 - Residuos provenientes de la coagulación y floculación con sales de hierro y aluminio
 - Residuos provenientes de la eliminación de hierro y manganeso
 - Residuos provenientes de la filtración
 - Residuos provenientes de procesos de adsorción (carbón activado granular, intercambio iónico, nanofiltración u osmosis inversa)
- Opciones de reutilización o comercialización:
 - Reutilización en plantas de tratamiento de aguas residuales
 - Comercialización en o como:
 - Acuarística
 - Aditivo al hormigón o en la construcción de caminos
 - Industria de rellenos
 - Fabricación de cal
 - Uso en proceso metalúrgicos
 - Uso en ganadería
 - Producción de cemento
 - Fabricación de ladrillos y cerámicas
 - Utilización en agricultura y silvicultura
 - Utilización en plantas de tratamiento de agua
 - Uso en aplicaciones de ingeniería ambiental
 - Plantas de biogás
 - Abatimiento de contaminantes atmosféricos (eliminación de dióxido de azufre)
 - Saneamiento de cauces
 - Producción de compost
 - Cobertura y recultivo de superficies

A continuación se presenta las principales formas de reciclar algunos de los residuos más relevantes:

- Los lodos de hierro se utilizan en aplicaciones de ingeniería ambiental para reducir el nivel de fosfato y sulfuro de hidrógeno. Además, se utilizan como materia prima secundaria en las industrias del ladrillo y el cemento, así como en la producción de granulado vegetal. En el pasado, alrededor del 35% de los lodos de hierro se eliminaban en vertederos; se prevé que esta proporción disminuya en el futuro como consecuencia de la legislación sobre residuos.
- En la agricultura y la silvicultura, los lodos de cal procedentes de la neutralización se aplican a la tierra para mejorar el pH del suelo. También es posible reciclar estos residuos, por ejemplo, en la producción de cal y cemento o en la fabricación de sustratos artificiales para el suelo.

- Dado que el material filtrante procedente de los filtros permanece en uso en las instalaciones de agua durante un periodo de varios años a décadas, sólo se presenta ocasionalmente como residuo en las empresas de distribución de agua. Por lo tanto, todavía no se ha generalizado ninguna vía de eliminación de estos residuos. Hay ejemplos en los que la arena se utiliza en la construcción de carreteras o para la puesta en marcha de nuevas unidades de filtrado en otras fábricas de agua. También se puede reutilizar en jardinería.
- Hasta ahora no se conoce ninguna opción de reciclaje para las incrustaciones, mientras que el carbón activado y las resinas absorbentes, en principio, son adecuados para el reciclaje térmico debido a su alto contenido en carbono.

En el Anexo C se entrega una traducción al castellano de esta norma técnica.

DVGW W 221-4 (A) Parte 4: Uso de aguas de retrolavado proveniente de la purificación de agua potable

Este Código de Prácticas sirve de base para definir las condiciones límite y los criterios de tratamiento de las aguas que contienen lodos procedentes de la potabilización, con el fin de reutilizar estas aguas y así proteger los recursos y ahorrar costos de eliminación. El principio básico de la economía circular es, ante todo, evitar los residuos. A la hora de evaluar las medidas consideradas, hay que tener en cuenta sobre todo aspectos como las emisiones, la conservación de los recursos naturales, el balance energético y la acumulación de contaminantes. Hay que tener en cuenta la viabilidad técnica, la racionalidad económica y las consecuencias sociales. En este Código de Prácticas se explican con más detalle las posibilidades de reutilización del agua que contiene lodos.

En una primera instancia define criterios para diferentes tipos de agua. Luego detalla los requerimientos para su reutilización, sea para la recarga artificial de acuíferos, recirculación en el proceso de potabilización y/o para otros usos. Posteriormente y dependiendo del tipo de agua con lodos se definen los requerimientos al tratamiento, tanto para la recarga artificial de acuíferos así como para su recirculación al proceso.

En el Anexo C se entrega una traducción al castellano de esta norma técnica.

3.2.3.2 DVGW W-222 / DWA M-273 Descarga de los residuos de plantas de tratamiento de agua en las plantas de aguas residuales

La DVGW W-222 es un “código de prácticas” (Merkblatt) cuyo contenido es idéntico con el código de prácticas DWA M-273 de la Asociación Alemana de Agua, Aguas Residuales y Residuos. Los códigos de prácticas describen el estado de desarrollo de los procedimientos, equipos y modos de funcionamiento avanzados que, según la opinión predominante de los respectivos comités de expertos de la DVGW, se consideran técnicamente adecuados y que se recomiendan para la realización de pruebas más amplias o para su aplicación en la práctica.

Tal como se ha señalado, el tratamiento del agua potable produce cada año unas 180.000 toneladas de residuos (masa seca). Además de los lodos de hierro y manganeso procedentes de las aguas subterráneas, así como los lodos de floculación de aluminio y hierro, predominan los residuos calcáreos. Una opción de eliminación es introducir los residuos en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Este código de prácticas proporciona una ayuda útil a este respecto. Proporciona información sobre el origen y la composición de los residuos. Además, se formulan los requisitos técnicos de las plantas de tratamiento de agua y de las plantas de tratamiento de aguas residuales para la descarga de los lodos y sólidos en éstas últimas. Contiene listas de chequeo que ayudan al operador a evaluar si su planta puede hacer frente a la cantidad y

el contenido de los residuos que deben eliminarse de manera segura. Este código de prácticas también indica los posibles impactos operativos en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales. Señala además que tipo de ventajas operativas y económicas se pueden obtener en función del origen o la composición de los residuos.

3.2.4 Ejecución en la práctica

Usualmente se tiene un tratamiento de las aguas de retrolavado de filtros consistente en pozos de sedimentación. El sobrenadante luego es descargado directo a cuerpos de agua o al alcantarillado público. Los lodos sedimentados frecuentemente se deshidratan en filtros prensa, químicamente asistidos, ya que ello mejora los procesos de reciclaje. Sin embargo, la utilización de polímeros (usualmente en base a poliácridamida) ya no es permitido en Alemania para lodos utilizados como fertilizante (según Ordenanza sobre comercialización de abonos, aditivos para el suelo, sustratos de cultivo y auxiliares vegetales, DüMV).

Residuos líquidos

En caso de vertido directo a un cuerpo de agua receptor, siempre se requiere un permiso de descarga de las autoridades competentes en materia de aguas, y en caso de descarga indirecta en un sistema de alcantarillado, el permiso de la empresa sanitaria comunal. Si bien las descargas de los sobrenadantes o aguas de lavado normalmente no se consideran problemáticas, en los últimos años el vertido directo de concentrados provenientes de plantas de tratamiento de aguas que usan sistemas de membranas ha sido considerado de forma cada vez más crítica por las autoridades competentes en materia de autorización, sobre todo si éstos contienen altas concentraciones de sustancias traza antropogénicas o nutrientes ajenos al contenido natural del cuerpo receptor (ej. nitrato o el fósforo), o si se teme un aumento notable de las concentraciones de estas sustancias en las aguas receptoras. Lo anterior debido a la meta o prohibición general de deterioro anclada en las normativas europeas y alemanas. Esto hace que la aprobación de los vertidos de concentrados deba examinarse de forma muy crítica en cada caso individual. El uso de aditivos (por ejemplo, fosfonatos orgánicos y ácido fosfórico) no está permitido. El uso de aditivos (incluidos los fosfonatos orgánicos y los carboxilatos), especialmente en la tecnología UO, que permanecen en el concentrado o, en concentraciones muy bajas, a veces también en el agua tratada, también contribuye a que las autoridades por lo general tienen una posición muy crítica acerca de la descarga de concentrados en las aguas receptoras. Las decisiones de las autoridades sobre las solicitudes de permisos de descarga suelen ser muy heterogéneas. Sin embargo, esto suele deberse a que la combinación de las condiciones del marco normativo, la calidad del agua del cauce receptor y la naturaleza específica de los concentrados conducen a decisiones muy individuales. En algunos casos, esto se ve agravado por el hecho de que los responsables de la toma de decisiones hacen un uso diferente de su margen de maniobra a la hora de interpretar la prohibición del deterioro. Actualmente, en Alemania hay unas 90 plantas que cuentan con sistemas de nanofiltración u osmosis inversa, principalmente para disminuir la dureza, y se estima que el manejo de los concentrados es un aspecto relevante que inhibe su uso masivo en la potabilización del agua. (Tuczinski et al., 2021)

Residuos sólidos

En el año 2012 se realizó una encuesta a las grandes empresas sanitarias en relación a los destinos de los residuos provenientes de sus plantas de tratamiento de agua potable. La encuesta puede ser considerada representativa, porque documenta la disposición de 100.000 de las 180.000 toneladas (masa seca) que anualmente se generan en Alemania.

Para cumplir con los requisitos legales (Ley de Economía Circular y Ley de Protección del Suelo y las ordenanzas asociadas), las empresas sanitarias en el pasado han tenido que evitar la

disposición final de estos residuos en rellenos sanitarios, enfocándose en el reciclaje. Los principales residuos son lodos que contienen hierro o manganeso procedentes del tratamiento de las aguas subterráneas para su desferrización y desmanganización, lodos de floculación que contienen hierro o aluminio procedentes del tratamiento de las aguas superficiales, lodos de cal o pellets de cal procedentes del ablandamiento del agua o de las arenas filtrantes. Dado que estos residuos pueden considerarse ciertamente un material valioso, existe la posibilidad de utilizarlos en el sector comercial.

Previo a cualquier tipo de reciclaje, pero también de disposición final, se deben realizar diversos ensayos y análisis, para determinar el contenido de Fe y Al, metales pesados, sustancias tóxicas (ej. As). Para la utilización como relleno en obras de ingeniería civil se requieren análisis según guía LAGA M 20 (LAGA, 2003 y 2004) para determinar el tipo de relleno que está permitido. Ahora, sobre todo el uso de la LAGA M 20 parte II (LAGA, 2004) no es igual en todos los Estados Federados, por lo cual se deben considerar ciertas diferencias regionales. Para la utilización en agricultura y silvicultura igualmente se requieren los permisos correspondientes, según Ordenanza sobre comercialización de abonos, aditivos para el suelo, sustratos de cultivo y auxiliares vegetales (DüMV). Las vías de reciclaje que actualmente se emplean en Alemania son las siguientes.

Tabla N°3.5:
Vías de reciclaje de residuos de plantas de tratamiento de agua potable en Alemania (2012)

Fuente: Lipp & Dammann (2013)

Ruta de reciclaje	Lodo Fe/MN (Aguas subterráneas)	Lodo Fe (Coagulación Floculación)	Lodo Al (Coagulación Floculación)	Lodos calcáreos	Pellets de cal
Plantas de tratamiento de aguas servidas					
Eliminación de fósforo	X				
Deshidratación de lodos	X	X	X		
Atrapamiento de H ₂ S					
Industria					
Industria de rellenos				X	
Fabricación de cal				X	
Procesos metalúrgicos					X
Gránulos vegetales	X	X	X		
Fabricación de cemento		X			X
Agricultura y silvicultura					
Aditivo para suelos, Fertilizante	X	X	X	X	X
Aplicaciones de ingeniería ambiental					
Plantas de biogás	X				
Tratamiento de efluentes gaseosos (Eliminación de H ₂ S)	X				
Producción de compost		X	X		
Recultivación	X	X	X		
Otros					
Ajuste (aumento) de pH en plantas de tratamiento de RILes				X	
Mejoramiento de procesos en plantas de tratamiento de aguas servidas		X		X	
Uso en obras civiles o reciclaje de material	X	X			

No obstante lo anterior, considerando la estructura atomizada en las empresas sanitarias en Alemania, frecuentemente falta información o simplemente se recurre a la disposición final debido a costos, la poca cantidad de residuos que se generan, la presencia de sustancias potencialmente tóxicas (ej. As). De este modo, el 60% de las empresas encuestadas informa que recurren a la disposición final de los residuos, con una tendencia a la baja (año 1998: 73%, año 2004: 66%). Dado que los residuos usualmente no son considerados peligrosos, no están sujetos a un sistema de trazabilidad y reportes especiales. Además, debido a que se permite la mezcla con otros tipos de residuos, frecuentemente no se puede establecer el destino final de los residuos provenientes

de plantas de tratamiento de agua potable. En relación a los volúmenes involucrados se tiene las siguientes vías de reciclaje y disposición.

Tabla N°3.6:
Participación (en masa) de vías de reciclaje de residuos de plantas de tratamiento de agua potable en Alemania (2012)

Ruta de reciclaje	Participación
Plantas de tratamiento de aguas servidas	28,0%
Industria	23,0%
Agricultura y silvicultura	10,7%
Aplicaciones de ingeniería ambiental	21,7%
Otro tipo de reciclaje	7,0%
Descarga a cuerpos de agua	0,2%
Descarga al alcantarillado	2,0%
Disposición final en relleno sanitario	7,0%
Otra disposición final	0,4%

Fuente: Lipp & Dammann (2013)

Un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente del Estado Federal de Baviera sobre el peligro radioactivo de los residuos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable concluyó en el año 2009 que el costo de incluir estos residuos en la legislación sobre protección de radiaciones ionizantes generaría más costos que beneficios (LFU, 2009:76). No obstante lo indicado precedentemente, igualmente Alemania tuvo que adoptar la Directiva 2013/59/EURATOM en normativa nacional.

3.3 Confederación Suiza

Suiza limita al norte con Alemania, al oeste con Francia, al sur con Italia y al este con Austria y Liechtenstein. Posee una superficie de 41.284 km² y la cantidad de habitantes es del orden de los 8,6 millones. La densidad poblacional por lo tanto se eleva a 208 hab/km². Suiza es una república federada de 26 estados, llamados cantones y cuenta con cuatro idiomas oficiales: alemán, francés, italiano y romanche. El país no pertenece a la Unión Europea, pero es miembro fundador de la OCDE.

Clima

El clima es por lo general templado, pero puede variar mucho de localidad a localidad, de las condiciones glaciares en la cima de las montañas a un clima casi mediterráneo en el sur del país. Los veranos suelen ser cálidos y húmedos con lluvias periódicas que ayudan al desarrollo de la agricultura en la región. Los inviernos en las montañas alternan días de sol y nieve, mientras las tierras más bajas tienden a tener días nublados y neblinosos. Las zonas con menos precipitaciones son los valles del sur en el Valais, donde se cultiva el valioso azafrán y viñedos para la producción de vinos. El Cantón de los Grisones también tiende a ser más seco y ligeramente más frío, aunque a veces reciben numerosas nevadas en invierno. Las condiciones más húmedas del país persisten en las alturas de los Alpes y en el cantón del Tesino, donde las lluvias y nevadas son abundantes. La zona este tiende a ser más fría que la zona oeste del país, además de que las precipitaciones suelen ser escasas a lo largo del año, con variaciones menores entre el paso de las estaciones.

Actividades Económicas Predominantes

Suiza es uno de los países más ricos del mundo, teniendo el segundo PIB per cápita más alto, del orden de USD 82.500. Entre las actividades económicas más importantes en Suiza se encuentran la industria química, la industria farmacéutica, la fabricación de instrumentos musicales y de medición, las inmobiliarias, los servicios financieros y el turismo. Las principales exportaciones del país son los productos químicos (34% de los bienes exportados), la maquinaria electrónica (21%) y los instrumentos de precisión y relojes (17%). Los servicios exportados suman un tercio de los bienes exportados. Su PIB al año 2019 fue de USD 615 mil millones.

3.3.1 Caracterización del sector sanitario

Las precipitaciones medias en Suiza son del orden de 1.400 mm, lo cual resulta en una disponibilidad total anual de $59 \cdot 10^9$ m³, sin considerar el afluente de ríos internacionales. El uso consuntivo del agua corresponde a 20% en la agricultura, un 55% en comercio e industria y un 25% en domicilios (y el pequeño comercio). Lo anterior no considera usos no consuntivos. (Blanc y Schädler, 2013:12) Las fuentes de agua utilizadas para el suministro del agua potable son principalmente fuentes de agua subterránea (80%) y en menor medida superficiales, principalmente lacustres (20%). Son aproximadamente 4.000 fuentes de agua utilizadas. (SVGW, 2015:36)

Tabla N°3.7:
Fuentes de agua potable en Suiza para el año 2019

Fuente	Volumen [10 ⁹ m ³]	Participación
Aguas subterráneas	0,375	40%
Agua de manantial	0,365	40%
Aguas superficiales	0,188	20%
Total general	0,928	100%

Fuente: BFS (2021)
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.15124483.html>

La producción de agua potable en el año 2019 fue de $0,93 \cdot 10^9$ m³, lo que significa un descenso del 20% en los últimos 30 años. Esto es equivalente a una dotación per cápita actual de 295 L/hab/d (1990: 472 L/hab/d) (BFS, 2021), sin embargo, considerando solamente el consumo residencial, esta cifra se reduce a la mitad (SVGW, 2015). El 99,3% de la población cuenta con suministro regulado de agua potable. (SVGW, 2015:36)

Los consumidores de agua potable corresponden a los siguientes:

Tabla N°3.8:
Consumidores de agua potable en Suiza para el año 2019

Fuente	Participación
Consumidores habitacionales y pequeño comercio	55,1%
Comercio e Industria	25,3%
Usos públicos	5,0%
Uso propio de las Empresas sanitarias	2,4%
Pérdidas	12,2%
Total general	100%

Fuente: BFS (2021)
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.15124483.html>

Una parte muy importante de agua utilizada en comercio, industria y agricultura no proviene del suministro público sino corresponde a extracciones particulares. Lo anterior suma $1,2 \cdot 10^9$ m³, siendo esta extracción un 30% superior a lo que producen los servicios públicos. (SVGW, 2013:11)

En Suiza, el suministro de agua es considerado una de las tareas más importantes de un municipio, siendo ello un servicio público típico. El agua potable es el alimento insustituible para todos y la calidad del agua potable es un pilar central de la salud pública. No hay mercado para el agua potable. Los ciudadanos esperan que la compañía local de servicios públicos entregue calidad, fiabilidad, funcionamiento eficaz y económico. El principio de cobertura de costos se aplica también al agua: Los costos incurridos deben ser cubiertos por las tarifas, siendo subsidios y la obtención de ganancias no permitidos. (SVGW, 2015:6)

El suministro de agua es uno de los ámbitos tradicionales de actividad del sector público. Por regla general, son los municipios los que explotan el suministro de agua. La mayoría de las empresas de servicios públicos son instituciones del estado. Sin embargo, también existen corporaciones de derecho público que se organizan como cooperativas. En algunos casos, el abastecimiento de

agua es gestionado por sociedades anónimas. En muchos lugares, varios municipios se unen para solucionar el suministro de agua de forma conjunta. Estos sistemas de abastecimiento de agua en grupo suelen estar constituidos como asociaciones con fines especiales o simples sociedades. En Suiza hay más de 2.500 empresas sanitarias, más de la mitad de éstos suministra agua a un número inferior de 2.000 personas. Solamente seis servicios abastecen a más 100.000 personas c/u. (SVGW, 2015:12)

La calidad de agua cruda proveniente de manantiales o aguas subterráneas es muy buena, reduciendo considerablemente el tratamiento requerido en su potabilización.

Tabla N°3.9:
Tipos de tratamiento en
PTAP en Suiza

Fuente: SVGW (2015:13)
con datos del año 2010

Tratamiento	Participación (solamente para aguas subterráneas)	Participación (para todas las fuentes de aguas crudas)
Sin ningún tipo de tratamiento	41%	33%
Solamente desinfección UV	22%	17%
Otro tipo de tratamiento de una sola etapa	9%	7%
Tratamientos + UV	8%	7%
Tratamientos de varias etapas sin UV	20%	36%
Total general	100%	100%

3.3.2 Normativa

En Suiza, la Ley de Medio Ambiente (Bundesgesetz über den Umweltschutz / Umweltschutzgesetz – USG), introduce un marco para las regulaciones medioambientales a nivel federal. Establece principios básicos, tales como “el que contamina, paga” (artículo 2), “principio de cautela” (mediante un sistema de evaluación del impacto ambiental, tercer capítulo). En relación al manejo de residuos define la jerarquía de “evitar, reciclar, disponer” (cuarto capítulo). No obstante lo anterior, los criterios para ingresar al sistema de evaluación del impacto ambiental son menos estrictos comparado con los criterios aplicados en Chile. De acuerdo al reglamento del sistema de evaluación de impacto ambiental (Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung – (UVPV), las plantas de tratamiento de aguas residuales entran solamente si tienen una capacidad superior a los 20.000 habitantes equivalentes. Plantas de tratamiento de agua potable no ingresan, a excepción que correspondan a plantas que extraen una cantidad anual superior a 10 millones de metros cúbicos de agua.

Legislación sobre agua

El agua potable es considerada un alimento en Suiza y por lo tanto su calidad y ciertos aspectos de su producción están afectos a la legislación sobre seguridad alimenticia. La Ley Federal de Alimentos (Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände / Lebensmittelgesetz – LMG) en su artículo 23 define el principio del autocontrol, sin perjuicio de los controles directos. Lo anterior se precisa en el cuarto capítulo de la correspondiente Ordenanza sobre alimentos (Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung – LGV). La aplicación y fiscalización de esta Ley está en manos de los cantones (Estados Federales).

En base a la LGV se ha dictado la Ordenanza de agua potable (Verordnung des EDI über Trink-, Quell- und Mineralwasser). Ahí se detallan no solamente los requisitos al agua potable propiamente tal, sino también al tratamiento. De este modo, en el artículo 6 se define que las instalaciones, los aparatos y los equipos para el suministro de agua deben crearse, funcionar, ampliarse o modificarse de acuerdo con las normas técnicas reconocidas (inciso 4) y que los tipos de tratamiento y desinfección aplicados en la potabilización requieren la autorización de la Oficina Federal de Salud Pública. Dicha Oficina entrega una descripción de tipos de tratamiento autorizados (BAG, 2010)

En relación a la calidad de las aguas, se tiene la Ley Federal sobre Protección de las Aguas (Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer / Gewässerschutzgesetz, GschG), que aplica tanto

para aguas superficiales como subterráneas. Prohíbe las descargas que puedan contaminar las aguas (artículo 6). Establece una distinción entre aguas residuales y aguas residuales contaminantes. La ley entiende por “agua residual” cualquier agua que fue alterada en su composición natural (esto incluye por ejemplo las aguas lluvia que no infiltran pero generan escorrentía). “Agua residual contaminante” es aquella agua residual con potencial de contaminar el cuerpo receptor (artículo 4). Agua residual contaminante debe ser tratada y solamente puede ser descargada previa autorización del cantón. Agua residual debe ser infiltrada pero puede ser descargada a un cauce receptor superficial por orden de la autoridad competente (artículo 7). En su artículo 13 establece que el tratamiento de las aguas residuales debe realizarse acorde al estado de arte. El mismo estado de arte aplica a la gestión y uso de suelos, con la finalidad de no contaminar las aguas (ej. por manejo del fertilizante, según artículo 27).

Para definir los detalles de la Ley, se estableció una especie de Reglamento mediante la Ordenanza sobre Protección de las Aguas (Gewässerschutzverordnung, GschV). Precisa una serie de aspectos, tales como las metas de calidad de las aguas, al tratamiento de las aguas residuales y al manejo de lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros (artículo 2). En relación a la distinción entre de las “aguas residuales contaminantes” de las “aguas residuales” se establece que será un servicio público el que determine dicha calidad caso a caso (artículo 3). Sin perjuicio de lo anterior, por regla general, las aguas residuales provenientes de PTAP son categorizadas como “contaminantes”, específicamente como “residuo industrial líquido”.

En relación a la descarga de aguas servidas, la GschV en su Anexo 3.1 establece una norma en términos de límites máximos permisibles para plantas que atienden a más de 200 personas (equivalentes). Los límites son variados, dependiendo del tamaño de la instalación. La concentración máxima permisible de sólidos suspendidos totales es 20 mg/L para las plantas pequeñas y 15 mg/L para plantas que atienden a más de 10.000 habitantes.

En relación a los residuos industriales líquidos, la GschV en su Anexo 3.2 define los requisitos para la descarga a aguas o al alcantarillado público. Establecimientos que descargan residuos industriales líquidos deben obedecer el estado de arte tanto en sus procesos productivos como en el tratamiento de los residuos para evitar la contaminación de las aguas (Punto 1, inciso 2). Puede haber autorizaciones caso a caso con límites más o menos estrictos (Punto 1, incisos 4 y 5). El Anexo 3.2 establece límites para 16 parámetros para las descargas directas (pH, temperatura, transparencia, sólidos suspendidos totales, una serie de metales pesados, hidrocarburos e hidrocarburos volátiles clorados o halogenados). El límite de concentración de sólidos suspendidos totales es de 20 mg/L y de arsénico 0,1 mg/L. Para las descargas al alcantarillado público no se limitan los sólidos suspendidos. En el mismo Anexo, en su punto 3 define algunos requisitos especiales para algunos rubros o procesos industriales, incluyendo las empresas del sector sanitario (punto 36 del Anexo 3.2). Ahí, bajo el numeral 1 se establecen los siguientes requisitos para “aguas de retrolavados provenientes del tratamiento de agua”. Estos son los siguientes:

- Descarga directa: Sólidos suspendidos totales: 30 mg/L (promedio diario)
- Descarga indirecta: No hay requisitos adicionales.

La GschV establece en su artículo 8 que la infiltración de aguas residuales contaminantes está prohibida, a excepción de que existan permisos especiales luego de una decisión caso a caso.

Legislación sobre residuos sólidos

Una de las Ordenanzas dictadas en virtud de la Ley de Medio Ambiente es la Ordenanza sobre el Transporte de Residuos (Verordnung über den Verkehr mit Abfällen – VeVA), incluido el transfronterizo. En base a esta Ordenanza se estableció un listado de residuos, que adoptó la Lista Europea de Residuos (LER). Lo anterior mediante la Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen. Por lo tanto, en Suiza se usan los mismos códigos LER, es decir el 1909 y sus sub-códigos aplican para residuos provenientes de plantas de tratamiento de agua potable.

La normativa principal para el manejo de residuos es la Ordenanza sobre residuos (Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen / Abfallverordnung – VVEA) que fue dictada en virtud del USG y del GschG. Establece en su artículo 12 que residuos por regla general deben ser valorizados y que su manejo debe realizarse de acuerdo al estado de arte. El uso de residuos en la producción de cemento y hormigón está permitido si se cumplen los requisitos del Anexo 4 (artículo 24). Ahí se definen principalmente límites en contenidos de metales pesados y compuestos orgánicos. Para efectos del presente estudio se puede mencionar un límite de 30 mg/kg (base masa seca) de arsénico. No define límites para hierro ni aluminio. La disposición final en rellenos sanitarios de residuos es posible si se cumplen los requisitos del Anexo 5. Ahí se establecen cinco clases de rellenos y los requisitos de los residuos que ahí se pueden depositar. En relación a su categorización según VVEA, BAFU (2019) detalla que todos los residuos con código LER 1909 son clasificados como “nk”, es decir son residuos que no están sujetos a control en el transporte (interno y/o transfronterizo). Por lo tanto, no son residuos peligrosos ni otros residuos sujetos a control.

Desde el año 2006, la utilización de lodos proveniente de plantas de tratamiento de aguas residuales como abono en la agricultura no está permitida en Suiza, con algunas excepciones que puedan alargar los permisos por dos años adicionales. De hecho, el país estableció la meta de recuperar materialmente el fósforo contenido en estos lodos. Ya en el año 2006 solamente el 10% de las 210.000 t/a (masa seca) de los lodos terminó en la agricultura, 44% fueron quemados en plantas industriales, 22% fueron quemados en plantas de incineración de residuos municipales, 23% en plantas de cemento y el 1% restante llegó a disposición final en rellenos o fue exportado (Hügi, 2008). Por lo mismo, en Suiza no se da la opción de que los lodos de plantas de tratamiento de agua potable lleguen como mezcla a tierras agrícolas.

3.3.3 Normativa técnica

También en Suiza existen organizaciones y asociaciones de profesionales del agua que definen el estado de arte y las normas técnicas generalmente reconocidas. Tal como se ha señalado, la legislación nacional recurre a exigir el cumplimiento del estado de arte definido por estas organizaciones. No obstante lo anterior, la producción es menos nutrida que en la vecina Alemania, por lo cual las asociaciones suizas frecuentemente referencian la normativa técnica alemana. Para temas relacionados con producción de agua potable, y manejo de aguas residuales y residuos sólidos existen principalmente las siguientes organizaciones:

Asociación Suiza de Gas y Agua (Schweizerische Verein des Gas- und Wasserfaches - SVGW)

La responsabilidad del suministro de agua potable a la población recae generalmente en los municipios. Ya a finales del siglo XIX, los responsables del agua se dieron cuenta de que una fusión sería muy beneficiosa para resolver los problemas comunes. Por ello, decidieron unirse a la Asociación de Expertos en Gas de Suiza, fundada por los proveedores de gas. La Asociación Suiza de Gas y Agua (SVGW) se fundó en 1873. Según su visión “Juntos por un suministro seguro y sostenible”, la asociación está comprometida con la seguridad, la fiabilidad del suministro seguro

de combustibles gaseosos y agua potable. Entre sus principales tareas en el sector del suministro de agua figura la elaboración, publicación y difusión de normas (directrices, recomendaciones, reglamentos) e información técnica especializada. En el año 2015 contaba con casi 1.200 miembros, la gran mayoría miembros institucionales (empresas sanitarias y empresas de ingeniería sanitaria, entre otros). (SVGW, 2015)

(Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute - VSA)

La Asociación de Profesionales Suizos de Aguas Residuales y Protección del Agua es la organización profesional suiza en el ámbito de la gestión integral del agua. Fundada en 1944, está comprometida con las aguas limpias y vivas, así como con la protección y el uso sostenible del agua como recurso. La VSA reúne a 1.400 expertos en tratamiento de aguas residuales, drenaje urbano, alcantarillado, calidad del agua y tratamiento de aguas residuales industriales y comerciales. La asociación define el estado de la técnica en estos ámbitos y es, por tanto, un punto de referencia para la protección del agua.

La VSA define las normas para el tratamiento de las aguas residuales y los sistemas de drenaje urbano en Suiza. Desarrolla normas para su planificación, construcción y funcionamiento. Unos equipos de proyecto equilibrados garantizan que los documentos estén orientados a la práctica y se apliquen en todo el país.

3.3.3.1 SVGW W1016d Recomendaciones para el manejo de contenidos naturales de arsénico y uranio en el suministro de agua potable

Esta recomendación del año 2015 nace a raíz de un límite más estricto para arsénico (0,01 mg/L) y un nuevo límite para el uranio (0,03 mg/L) en la norma para el agua potable en 2014. En tres regiones de Suiza hay problemas con el contenido natural del arsénico en el agua potable, donde se detectó que un 7% de las muestras eventualmente no cumplen con los nuevos límites. Los contenidos de uranio en el agua potable normalmente son bajos. Solamente en seis municipios suizos se detectaron concentración sobre el nuevo límite propuesto.

Sin perjuicio de otras tecnologías disponibles, para plantas pequeñas se recomienda la adsorción del arsénico en hidróxido de hierro y la eliminación del uranio mediante intercambiadores iónicos.

La disposición final en rellenos sanitarios no es posible, debido al alto contenido de material orgánico en las resinas. Su tratamiento como residuo radioactivo no es deseable, debido al alto costo involucrado. Se detalla que para la regeneración de los intercambiadores iónicos con la finalidad de recuperar el uranio (tecnología disponible en el extranjero), probablemente se requiere de permisos especiales.

Los filtros de arsénico pueden ir a relleno sanitario, siempre y cuando se determine que no son residuos peligrosos (test de lixiviación con concentración de arsénico inferior a 0,1 mg/L). En todo caso no son residuos asimilables a domiciliarios, sino más bien residuos especiales, con lo cual aplica un sistema de trazabilidad riguroso para el transporte y la disposición final, según TVA y VeVA.

3.3.3.2 SVGW W1016d Recomendaciones para la desinfección y separación de microorganismos mediante filtración por membranas en el tratamiento de agua potable

Esta recomendación del año 2019 se dirige a los responsables de la operación de los sistemas de suministros de agua pequeños, medianos y grandes, pero también a los ingenieros consultores y los organismos fiscalizadores. Define requisitos generales para la planificación, instalación, operación y supervisión de los sistemas nuevos y existentes de desinfección y separación de

microorganismos. Esta recomendación sin embargo no sustituye a un dimensionamiento detallado por parte de una oficina técnica especializada.

3.3.4 Ejecución en la práctica

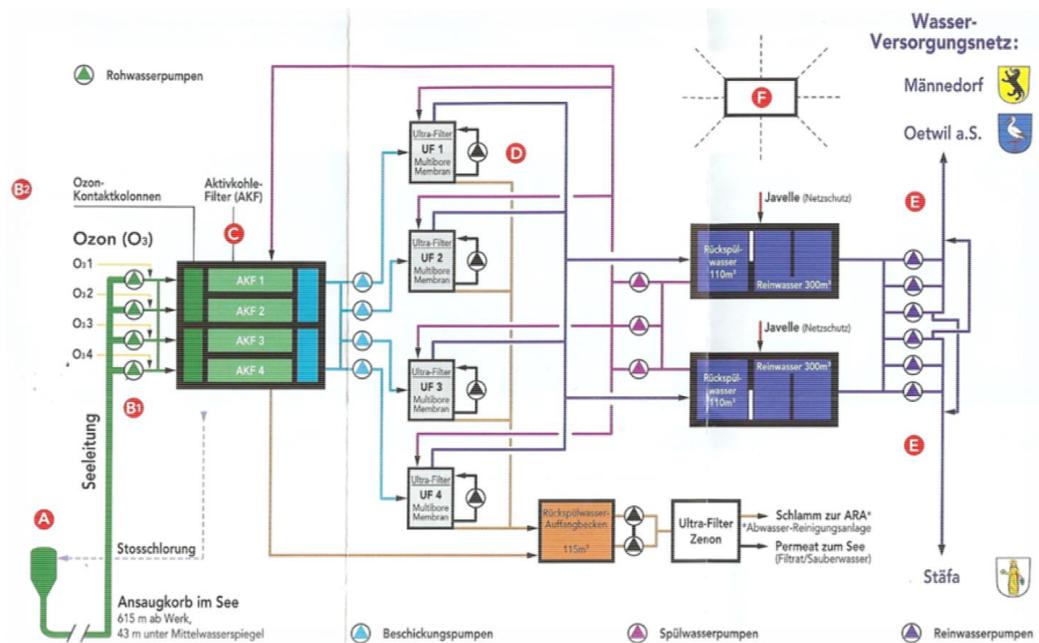
No se han encontrado estadísticas sobre el destino de los residuos (sólidos y líquidos) de plantas de tratamiento de agua potable en Suiza. La gran cantidad de empresas sanitarias y la delegación de la fiscalización a los cantones y el hecho de que los residuos sólidos no están sujetos a control resulta en una cierta incertidumbre sobre las vías de su gestión y manejo.

A modo de ejemplo, a continuación se detalla la Planta de Tratamiento de Agua Potable Seewasserwerk de los municipios de Stäfa, Oetwil a.S. y Männedorf. Obtienen las aguas crudas de un lago y las tratan mediante ozonización, filtración por carbón activado y ultrafiltración. Para prevenir el crecimiento de microorganismos, se agrega hipoclorito de potasio (lejía) al agua tratada. Al momento de su inauguración en el año 2006 fue una de los dos únicas PTAP que utilizaban filtración por membranas en el proceso de potabilización. Puede producir 17.800 m³ diarios de agua potable. Las membranas son de fibra hueca y la filtración del tipo “dead end”, por lo cual el lavado por inversión de flujo es discontinuo. El lavado del filtro de carbón activado también es por retrolavado, asistido por aire, lo que permite remover los sólidos retenidos en la superficie del filtro. Las dos corrientes de aguas de retrolavado llegan a un estaque de aguas de retrolavado, donde son nuevamente filtradas por ultrafiltración, esta vez con flujo “cross-flow”, donde la limpieza de la membrana es asistida por inyección de aire. El agua filtrada se devuelve al lago y el concentrado se envía a una planta de tratamiento de aguas servidas. A continuación se presenta el esquema de tratamiento. (Cendón et al., 2009)

Figura N°3.1:
Esquema del proceso de tratamiento de agua potable de la PTAP Seewasserwerk

Notas:
A: Aducción
B: Ozonización
C: Filtración por carbón activado
D: Ultrafiltración
E: Bombas de agua tratada
F: Central de mando y control
ARA: PTAS

Fuente: Cendón et al. (2009)



3.4 República de Austria

Austria limita al norte con Alemania y la República Checa, al este con Eslovaquia y Hungría, al sur con Eslovenia e Italia y con Suiza y Liechtenstein al oeste. El territorio abarca 83.882 km² de superficie, donde viven casi nueve millones de habitantes. La densidad poblacional es de 107 hab/km². Austria es una república federal, que se compone de nueve estados federados. Las unidades administrativas más pequeñas componen las 2.095 comunas. Desde 1995 que el país pertenece a la Unión Europea, además es miembro fundador de la OCDE.

Clima

Austria tiene clima continental, con temperaturas extremas. En general, es templado y se caracteriza por sus inviernos fríos, con lluvias frecuentes en las tierras bajas y nieve en las montañas de Los Alpes. Los Alpes sirven como una barrera para los tres grandes sistemas climáticos europeos que influyen en el clima austriaco. El clima marítimo atlántico del noroeste con precipitaciones elevadas, el clima continental de Austria oriental, con precipitaciones en verano e invierno seco y el clima mediterráneo del sur, la zona más templada del país.

Actividades Económicas Predominantes

Austria es uno de los 15 países más ricos del mundo en términos de PIB per cápita (aprox. 50.000 USD). Tiene una economía social de mercado bien desarrollada y un nivel de vida muy elevado. Hasta la década de 1980, numerosas empresas fueron nacionalizadas. En los últimos años, sin embargo, la privatización ha reducido las explotaciones estatales a un nivel comparable al de otras economías europeas. El sector agrícola aporta solamente 1% al BIP, mientras que la producción industrial, minería, servicios básicos y construcción un 28%. Los 71% restantes aporta el sector terciario (de servicios). Junto a una industria altamente desarrollada, el turismo internacional es la parte más importante de la economía nacional.

3.4.1 Caracterización del sector sanitario

Las precipitaciones medias en Austria son del orden de 1.190 mm, lo cual resulta en una disponibilidad total anual de $100 \cdot 10^9$ m³, sin considerar el afluente de ríos internacionales. Un 27% de este volumen infiltra y se convierte en aguas subterráneas. La reserva disponible de aguas subterráneas que se puede explotar de manera sustentable se cifra en $5 \cdot 10^9$ m³ anuales. (BMLRT, 2021:7)

Los requerimientos hídricos de agua en Austria son del orden de $3,1 \cdot 10^9$ m³, de los cuales el 40% se satisfacen mediante explotación de aguas subterráneas y un 60% con aguas superficiales.

La actividad comercial e industrial es responsable del 70% del consumo de agua del país. Los $2,2 \cdot 10^9$ m³ provienen principalmente de aguas superficiales (84%) y en menor medida de aguas subterráneas (15%) y manantiales (1%). La mayor parte corresponde a fines no consuntivos, de refrigeración. (BMLRT, 2021:10)

Austria se abastece de agua potable exclusivamente de fuentes de aguas subterráneas. Estimaciones indican que el consumo actual de $0,75 \cdot 10^9$ m³ se podría elevar en hasta 15% hasta unos $0,85 \cdot 10^9$ m³ anuales en el año 2050. Con la cifra anterior se calcula una dotación de 228 L/hab/d. No obstante lo anterior, ÖVGW (2019) para el año 2017 indica que las empresas sanitarias suministraron 183 L/hab/d a los consumidores residenciales, comerciales e industrias. El consumo per cápita residencial es de solamente 130 L/hab/d.

Tabla N°3.10:
Fuentes de agua potable en Austria

Fuente	Volumen [10 ⁹ m ³]	Participación
Aguas subterráneas	0,414	55%
Agua de manantial	0,338	45%
Total general	0,753	100%

Fuente: BMLRT (2021:8)

La agricultura se abastece principalmente de fuentes propias. El consumo de agua de riego no es muy significativo. Los 69*10⁶ m³ apenas constituyen el 2,3% del consumo total del país. El 93% proviene de aguas subterráneas. Para bebida animal se consumen unos 55*10⁶ m³, sin contar el agua potable suministrada por las empresas de servicios sanitarios. (BMLRT, 2021:9)

El uso de agua para la generación de nieve artificial en las pistas de esquí es de 48*10⁶ m³. Agua de riego para las canchas de golf es de 4*10⁶ m³. Esas actividades se abastecen en un 90% de fuentes de aguas superficiales. En su conjunto corresponde a un 2% del consumo de agua del país. (BMLRT, 2021:11)

En Austria hay aproximadamente 5.500 empresas de servicios sanitarios que abastecen el 92% de la población (1,5 millones de clientes). El 7% restante se abastece de fuentes propias de agua. Las empresas pueden estar constituidas de diferentes formas sociales. Aproximadamente 1.900 son empresas municipales, 165 son asociaciones y 3.400 son cooperativas. Independientemente de lo anterior, todas son de propiedad pública. Para estos fines, las empresas extraen 800*10⁶ m³ de agua cruda. En 2017 se inyectaron 672*10⁶ m³ a las redes de distribución. (ÖVGW, 2019)

La calidad de agua cruda proveniente de manantiales o aguas subterráneas es muy buena, reduciendo considerablemente el tratamiento requerido en su potabilización.

Tabla N°3.11:
Tipos de tratamiento en PTAP en Austria

Tratamiento	Participación
Sin ningún tipo de tratamiento	27%
Solamente desinfección	66%
Tratamiento tradicional (ej. Filtración, etc.)	6%
Tratamiento avanzados	1%
Total general	100%

Fuente: ÖVGW (2019)

3.4.2 Normativa

Legislación sobre agua

La Ley principal sobre los recursos hídricos en Austria es su Código de Aguas (Wasserrechtsgesetz – WRG) del año 1959. En casi 150 artículos define las calidades legales de las aguas (Sección 1), los usos de aguas (Sección 2), el uso sostenible de las aguas (Sección 3), entre una serie de aspectos adicionales.

La calidad del agua potable está regulada por la Ordenanza austriaca sobre agua potable (Verordnung des Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch / Trinkwasserverordnung – TWV) adoptada en el año 2001. La ordenanza es la homologación de la Directiva comunitaria sobre la calidad del agua destinada al consumo humano (Directiva 98/83/CE) a la legislación nacional. Sin embargo, en Austria se aplican una serie de requisitos más estrictos. Allí se regulan precisamente los siguientes puntos:

- Calidad del agua potable
- Tratamiento del agua
- Obligaciones de los proveedores de agua
- Control del agua potable

La ordenanza del Ministro Federal de Agricultura y Silvicultura sobre la limitación general de las descargas de aguas residuales en aguas superficiales y al alcantarillado público (Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen / Allgemeine Abwasseremissionsverordnung – AAEV) se dictó en base al WRG. En su artículo 2 define algunos principios generales, tales como que los sistemas de tratamiento deben obedecer el estado de arte (definido en las normas técnicas), y que se deben reducir las cantidades de agua descargadas, entre otros aspectos generales. Sin embargo, los límites máximos permisibles del Anexo A no aplican a efluentes de plantas de tratamiento de agua potable (artículo 4, inciso 2 numeral 4.4) ya que se dictó una ordenanza especial para estos residuos líquidos (la AEV Wasseraufbereitung, véase más adelante), no obstante los parámetros de la AAEV no contenidos en la AEV igualmente se mantienen vigentes. Existe siempre la posibilidad de excepciones individuales a través de las autoridades competentes para aquellos casos donde las tecnologías del estado de arte no permiten lograr un cumplimiento normativo.

La ordenanza del Ministro Federal de Agricultura y Silvicultura sobre la limitación de las emisiones de aguas residuales procedentes del tratamiento del agua (Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Wasseraufbereitung / AEV Wasseraufbereitung) se dictó en base al WRG. La ordenanza en primer lugar define una norma (límites máximos permisibles) para la descarga de efluentes que se generan en plantas de tratamiento de agua potable, agua de piscinas y agua industrial (Artículo 1 AEV). La ordenanza es complementaria a la AAEV, que rige para todos aquellos parámetros no normados por la AEV. Es interesante que la AEV no solamente define límites de concentraciones contaminantes, sino que indica en su artículo 3 que los permisos de descarga deben definirse sobre cargas contaminantes (producto de la concentración con el flujo medio horario). El artículo 4 define los requerimientos a los autocontroles y controles directos. Similar a las normas de emisiones chilenas define la posibilidad de eventuales excedencias (ej. una muestra de cinco puede presentar una excedencia de hasta un 100%).

Los límites para descargas al alcantarillado público rigen solamente a partir de un caudal que excede los 5 m³/d (Artículo 4 de la AEV).

En el Anexo C se presenta una traducción al castellano de la normativa AEV Wasseraufbereitung que rige para las descargas de las PTAP.

Por lo tanto, la norma de descarga de efluentes provenientes de plantas de tratamiento de agua potable define los siguientes límites máximos permisibles:

Tabla N°3.12:

Límites máximos permisibles en las descargas de efluentes provenientes del tratamiento de agua potable en Austria

Notas:

* No debe influir negativamente sobre los tratamientos biológicos

** No debe influir negativamente sobre la operación del alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas servidas
AAEV: Indica que el parámetro proviene del AAEV

Fuente: Elaboración propia en base al AEV y AAEV

Parámetros	Descarga a aguas superficiales	Descarga al alcantarillado
Parámetros generales		
Temperatura	30°C	35°C
Toxicidad en los peces	2	*
Sólidos suspendidos totales	30 mg/L	150 mg/L
Sólidos sedimentables (AAEV)	0,3 mL/L	10 mL/L
pH	6,5-8,5	6,5-9,5
Parámetros inorgánicos		
Aluminio	2 mg/L	Limitado por SST
Arsénico	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Bario (AAEV)	5 mg/L	5 mg/L
Plomo	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Cadmio	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Cromo total (AAEV)	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Cromo hexavalente (AAEV)	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Hierro	2,0 mg/L	Limitado por SST
Cobalto (AAEV)	1,0 mg/L	1,0 mg/L
Cobre	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Níquel (AAEV)	0,5 mg/L	0,5 mg/L
Manganeso	1,0 mg/L	Limitado por SST
Mercurio	0,01 mg/L	0,01 mg/L
Plata (AAEV)	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Zinc	2,0 mg/L	2,0 mg/L
Cloro libre	0,2 mg/L	0,2 mg/L
Cloro total (AAEV)	0,4 mg/L	0,4 mg/L
Nitrógeno amoniacal (AAEV)	10 mg/L	-
Cloruros	Limitado por toxicidad en peces	-
Cianuro (AAEV)	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Flúor (AAEV)	10 mg/L	20 mg/L
Nitrato (AAEV)	Caso a caso	-
Nitrito (AAEV)	1,0 mg/L	10 mg/L
Nitrógeno total	20 mg/L	-
Fósforo total	2,0 mg/L	-
Sulfatos	-	200 mg/L
Sulfuro (AAEV)	0,1 mg/L	1,0 mg/L
Sulfitos (AAEV)	1,0 mg/L	10 mg/L
Parámetros orgánicos		
Carbono orgánico total	30 mg/L	-
Demanda Química de Oxígeno	90 mg/L	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (en 5 días)	20 mg/L	-
Haluros Orgánicos Adsorbibles	0,2 mg/L	0,2 mg/L
Detergentes	1,0 mg/L	**
Aceites y Grasas (AAEV)	20 mg/L	100 mg/L
Haluros Orgánicos Purgables (AAEV)	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Índice de hidrocarburos (AAEV)	10 mg/L	20 mg/L
Índice de fenol (AAEV)	0,1 mg/L	10 mg/L
Hidrocarburos aromáticos (AAEV)	0,1 mg/L	0,1 mg/L

Legislación sobre residuos sólidos

El cuerpo legal central es la Ley de Residuos (Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft / Abfallwirtschaftsgesetz – AWG) del año 2002, que define una serie de aspectos relacionados con el manejo de residuos sólidos, conforme con las directrices europeas sobre la materia. Define la jerarquía de evitar, reutilizar, reciclar, disposición final (artículo 1, inciso 2). Permite establecer una categorización de residuos conforme con la normativa europea (artículo 4). En diez secciones, la Ley establece requisitos para la reducción y tratamiento de residuos, establece obligaciones para generadores y recolectores y establecimientos que tratan residuos. Además da lineamientos a los sistemas de recolección y reciclaje para sistemas de recolección segregada y plantas de tratamiento de residuos, entre otros aspectos.

Austria maneja un listado propio de residuos, formalizado por la Ordenanza sobre la Lista de Residuos (Abfallverzeichnisverordnung – AVV) que se orienta a la norma técnica austriaca S2100. Lo anterior en paralelo a la Lista Europea de Residuos (LER), que por sí sola no es válida en el país. Los residuos provenientes de plantas de tratamiento de agua, aguas residuales y obras hidráulicas están agrupadas en el grupo (GR) 94, y el subgrupo (UG) 941 contiene los lodos provenientes del tratamiento de agua, tales como:

- 94101 Lodos de la clarificación del agua (sedimentación).
- 94102 Lodos de decarbonatación.
- 94103 Lodos de precipitación de hierro
- 94104 Lodos de precipitación de manganeso

Mención aparte merece la Ordenanza sobre fuentes naturales radioactivas (Natürliche Strahlenquellen-Verordnung – NatStrV), que estuvo vigente hasta el año 2020 y que aplica a las plantas de tratamiento de agua potable (Artículo 2, inciso 1 punto 3a), específicamente por los lodos que ahí se puedan generar. Dependiendo de la geología del suelo, las aguas y las partículas suspendidas contienen más o menos radionucleidos naturales. En las plantas de tratamiento pueden acumularse residuos y lodos con un mayor contenido de estos radionucleidos. En las plantas de abastecimiento de agua, la ordenanza afecta principalmente al vertido de los lodos de los filtros. Si los lodos de filtración se almacenan o se eliminan (por ejemplo, en relleno sanitario o en reciclaje), debe realizarse un control (evaluación de la dosis). La legislación fue simplificada en el año 2020 mediante la Ley Federal de Protección contra los Peligros de las Radiaciones Ionizantes (Bundesgesetz über Maßnahmen zum Schutz vor Gefahren durch ionisierende Strahlung / Strahlenschutzgesetz – StrSchG), que sin embargo incluye las reglas principales de la NatStrV.

3.4.3 Normativa técnica

En Austria, al igual que en Alemania y Suiza, existen asociaciones técnicas que definen el estado de arte para el sector sanitario, elaborando normas y guías técnicas.

Asociación Austriaca del Gas y el Agua (Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach - ÖVGW)

Desde finales del siglo XIX, la Asociación Austriaca del Gas y el Agua representan los intereses de sus miembros de la industria y garantiza directrices uniformes y reconocidas mediante el desarrollo de normas técnicas. Desarrolla cursos de formación de acuerdo con los últimos descubrimientos y distingue los productos, las personas y las empresas por su especial calidad mediante certificados y la marca de calidad ÖVGW. Garantizar un suministro de agua continuo, sin perturbaciones y seguro es la principal tarea de las empresas del sector del suministro de agua. Para apoyarles en este importante servicio, la ÖVGW se ocupa sobre todo de los aspectos de la tecnología y los conocimientos técnicos. Las normas técnicas introducen el estado de arte en el trabajo diario, los cursos de formación y los eventos facilitan la transferencia de conocimientos, los certificados distinguen a las personas, los productos y las empresas que cumplen los requisitos. Con las empresas miembros directos y una cooperación oficial en el marco de la Red de Agua Potable con las organizaciones provinciales o sus miembros, se puede llegar a unos 1.550 proveedores de agua, que abastecen de agua potable a cerca del 85% de la población de Austria.

Asociación Austriaca de Gestión del Agua y los Residuos (Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband - ÖWAV)

La Asociación Austriaca de Gestión del Agua y los Residuos (ÖWAV) representa a todo el sector de la gestión del agua y los residuos en Austria desde 1909. Como asociación sin ánimo de lucro, se compromete a alcanzar objetivos sostenibles a nivel nacional e internacional. Las tareas más importantes de la asociación son la elaboración de las normas y reglamentos de la ÖWAV por parte de los comités de trabajo, los programas de formación y perfeccionamiento orientados a las necesidades de la práctica, así como la labor de información y relaciones públicas. La ÖWAV ofrece a sus más de 2.000 organizaciones miembros una red industrial, una plataforma neutral e independiente de todos los expertos y grupos profesionales implicados, así como información actualizada y el equilibrio de intereses en la gestión nacional del agua, las aguas residuales y los residuos.

ÖWAV-Arbeitsbehelf 32: Anwendung von Membranverfahren in der Reinwassertechnologie

Ese documento es una orientación sobre el uso y campo de aplicación de tratamientos con membranas (osmosis inversa, nano-, ultra- y microfiltración en la electrodiálisis) en la producción de agua pura. Da ejemplos de casos prácticos principalmente de la industria farmacéutica, para fines analíticos, para uso en calderas y sistemas de enfriamiento, en la industria electrónica, pero también para plantas potabilizadoras.

3.4.4 Ejecución en la práctica

Tal como se ha señalado precedentemente, más del 90% del agua cruda no requiere de ningún tratamiento o solamente una desinfección para cumplir con requerimientos al agua potable. Por lo tanto, la cantidad de lodos que ahí se genera es muy inferior a la cantidad de lodos generada en plantas de tratamiento de aguas servidas. En las estadísticas oficiales, se publican en conjunto las cifras para este tipo de residuo. De este modo, para el año 2019, se cifra la generación de lodos del tratamiento de agua potable y lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, residuos del alcantarillado en 643.900 toneladas. En cuanto a su disposición, el 5% se exportó y el 95% se trató dentro del país. De los nacionales, el 69% se incineró, el 14% se recicló y el 9% se depositó en rellenos sanitarios, el 3% recibió un tratamiento mecánico-biológico y el resto se eliminó en plantas de biogás o en plantas de tratamiento de suelos contaminados. (BMKUJEMIT, 2021)

Ahora bien, los lodos del subgrupo 941, provenientes de las plantas de tratamiento de agua, se generan en menor cantidad. Para el año 2001 se las cuantificó en apenas 3.000 toneladas (Domenig, 2001:60), es decir apenas 0,3 kg/hab/a. A priori no son clasificados como peligrosos. Todos los residuos del subgrupo 941 pueden ser eliminados en rellenos sanitarios, entre otros destinos posibles para residuos no peligrosos. Perz (2001) entrega una clasificación más detallada, como sigue:

Tabla N°3.13:

Cantidades de lodos en plantas de tratamiento de agua potable en Austria para el año 2001

Fuente: Perz (2001)

Residuo	Cantidad [t]	Participación
94101 Lodos de la clarificación del agua (sedimentación)	1.200	50%
94102 Lodos de decarbonatación	100	4%
94103 Lodos de precipitación de hierro	1.100	46%
94104 Lodos de precipitación de manganeso	5	0%
Total general	2.405	100%

3.5 Reino de España

Es un país bicontinental que se encuentra situado tanto en Europa occidental como en el norte de África. En Europa ocupa la mayor parte de la península Ibérica, conocida como España peninsular, y el archipiélago de las islas Baleares (en el mar Mediterráneo occidental); en África se hallan las ciudades de Ceuta y Melilla, las islas Canarias (en el océano Atlántico nororiental). Completa el conjunto de territorios una serie de islas e islotes frente a las propias costas peninsulares. Limita al este con Francia y al oeste con Portugal. Cuenta con una superficie de 505 mil km², donde vive una población de 47,5 millones habitantes, según datos del año 2020. La densidad población por lo tanto es de 93 hab/km². Administrativamente, España está organizada en diecisiete comunidades autónomas, formadas a su vez por cincuenta provincias; y dos ciudades autónomas. Forma parte de la Unión Europea y también de la OCDE.

Clima

La península se encuentra en una zona templada, no teniendo características climáticas homogéneas al ser zonas de mezcla entre zonas de aire cálido y zonas de aire frío, subtropicales y polares respectivamente. Si bien España tiene un clima bastante diverso a lo largo de todo su territorio, predomina el carácter mediterráneo: En la costa, presenta temperaturas suaves, precipitaciones abundantes casi todo el año excepto en verano. En el interior, abarcando casi toda la península ibérica, el clima mediterráneo continental es más extremo, con temperaturas bajas en invierno, altas en verano y precipitaciones irregulares. Por lo general, las comunidades occidentales reciben más precipitaciones que las orientales. Galicia y el Cantábrico poseen un clima oceánico, caracterizado por la abundancia de precipitaciones durante todo el año y unas temperaturas frescas. El clima de montaña se puede observar en altitudes elevadas (e.g. Los Pirineos), donde se dan temperaturas bajas y precipitaciones generalmente abundantes. Los climas áridos o semiáridos (menos de 300 mm anuales) se encuentran en ciertos puntos peninsulares del este: Almería, Granada, Murcia, Alicante y Valle del Ebro. El carácter subtropical es característico de las islas Canarias, con unas temperaturas cálidas durante todo el año y pocas precipitaciones. Sin embargo, este clima también se da en las costas sureñas de la península (Málaga, Granada, Almería).

Actividades Económicas Predominantes

España también forma parte de los 15 países más ricos del mundo en términos de PIB per cápita (aprox. 30.500 USD). Como en la economía de todos los países europeos, el sector terciario o sector servicios es el que tiene una mayor relevancia (74%). Le sigue el sector industrial con 23% y la agricultura (3%). La producción industrial del país contempla importantes actividades en todos los sectores, que van desde la industria de la moda, la construcción naval, las tecnologías renovables, la biotecnología, los trenes de alta velocidad o la industria aeroespacial. España es uno de los mayores productores de automóviles y de acero. En cuanto a la agroindustria destaca la producción de vinos, aceite de oliva y cerveza.

3.5.1 Caracterización del sector sanitario

Las precipitaciones medias en España son del orden de 649 mm, lo cual resulta en una disponibilidad total anual de $329 \cdot 10^9$ m³. Un tercio de las precipitaciones se convierte en escorrentía (220 mm). (MITECO, 2015)

La agricultura de regadío es la actividad que más agua consume en España; aproximadamente el 70% de toda el agua que se consume en el país. (Delacámara et al., 2017:10)

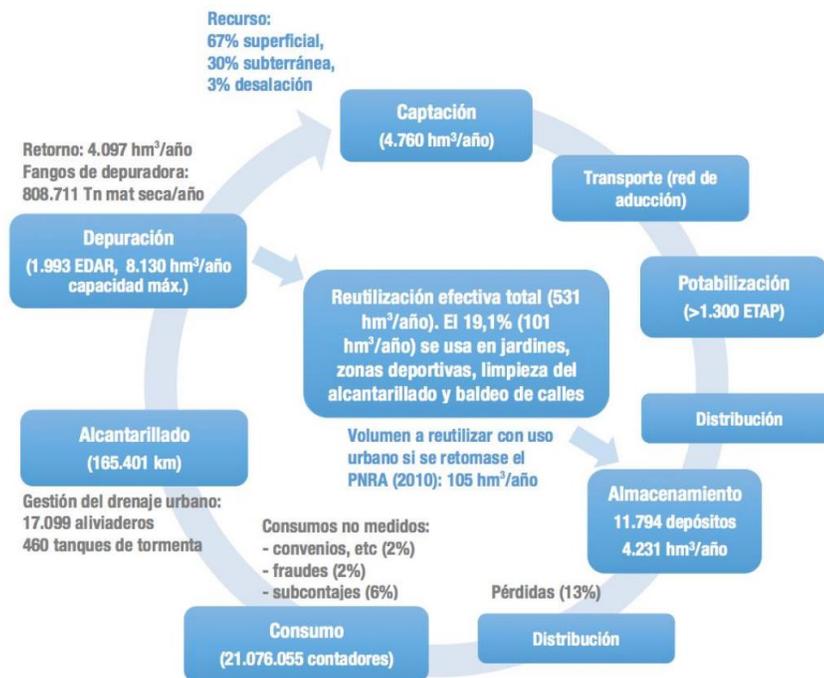
Según datos de una encuesta realizada, el volumen de agua bruta para usos domésticos en el año 2014 fue de $4,76 \cdot 10^9$ m³, donde el 67% del total corresponde a aguas superficiales, el 30% a aguas subterráneas (acuíferos) y el 3% restante procede de desalación (Delacámara et al., 2017:12).

En términos de suministro a las redes públicas de abastecimiento, la producción de agua potable en el año 2016 fue de $4,29 \cdot 10^9$ m³. Esto es equivalente a una dotación per cápita actual de 247 L/hab/d, sin embargo, considerando solamente el consumo residencial facturado, esta cifra se reduce a 136 L/hab/d. Del volumen anterior mencionado, solamente el 75% corresponde a agua registrada. A su vez, el 72% del agua registrada corresponde a consumo domiciliario, el 20% corresponde al consumo de diferentes sectores económicos y el 8% restante a consumos municipales. El agua no registrada en su mayor parte corresponde a pérdidas reales (17% del total suministrado), por sobre las pérdidas aparentes (el 8% restante). (INE, 2018)

El modelo español del sector de abastecimiento y saneamiento urbano es un modelo altamente fragmentado: las competencias son municipales y el número de municipios es muy alto (aprox. 8.150). Más del 90% de los municipios tienen menos de 20.000 habitantes y más de la mitad de ellos (4.955) tienen menos de 1.000 habitantes. En el sector de abastecimiento de agua potable, el 10% son servicios municipales (que prestan los servicios en régimen de “gestión directa”), el 34% entidades públicas (consorcios, mancomunidades, etc.), el 22% empresas mixtas y el 34% empresas privadas. En este sentido, el país muestra un alto grado de diversidad en cuanto a los modelos de gestión. (Delacámara et al., 2017:13) La figura que sigue presenta el ciclo urbano del agua en España, en donde se indica, entre otras cosas, la existencia de más de 1.300 plantas de tratamiento de agua potable.

Figura N°3.2:
Ciclo urbano del agua en España

Fuente: Delacámara et al. (2017:25)



En relación con la desalación en España, este país históricamente ha ocupado el primer puesto en capacidad de producción en Europa, y un lugar en los top ten a nivel mundial. La producción de agua desalinizada ha aumentado significativamente, desde 1,2 millones m³/d y 750 plantas en el año 2000, a unos 1,5 millones m³/d y unas 900 plantas en el año 2005 y a previsiones de unos

3,4 millones m³/d para el año 2012. Destacan como regiones en desalación, las Islas Canarias y las áreas costeras mediterráneas. Respecto al uso de agua desalinizada en España, el 60% se emplea para abastecimiento urbano, el 25% para usos agrícolas y el 15% para usos industriales. En algunas zonas, como las ciudades de Lanzarote y Las Palmas de Gran Canarias, prácticamente el total de agua consumida proviene de la desalación. Las plantas más recientes en España utilizan la tecnología de ósmosis inversa (RO), con tasas de conversión en torno al 50%, lo que implica un caudal similar de agua dulce y de salmuera derivada del proceso. (CEDEX, 2013:3)

De acuerdo al Libro Blanco del Agua en España, del Ministerio del Medio Ambiente (1998), existen más de 300.000 vertidos a cauces superficiales, de los cuales el 80% tiene el carácter de vertidos indirectos, es decir, vierten al alcantarillado, canales de desagüe o pluviales, que finalmente deben desaguar a un cauce, previo al necesario tratamiento en las instalaciones municipales de saneamiento. De los 60.000 vertidos directos existentes (realizados directamente a un curso de aguas o canal de riego), unos 10.000 corresponden a vertidos municipales, que se encuentran reglamentados por la Directiva 91/271/CEE, relativa a la depuración de aguas residuales urbanas, alrededor de unos 40.000 vertidos corresponden a la ganadería estabulada o semi-estabulada y finalmente unos 10.000 vertidos directos tienen el carácter de efluentes industriales.

En relación a los residuos y lodos generados en PTAP, la potabilización de aguas superficiales por medio de tratamientos físico-químicos genera 120.000 toneladas anuales de lodo en más de 200 PTAP, que en su conjunto producen $1,35 \cdot 10^9$ m³/año de agua potable (García et al., 2017; García, 2018).

3.5.2 Normativa

De acuerdo con lo dispuesto en los artículos 148 inciso 1 numeral 9 y 149 inciso 1 numeral 23 de la Constitución y por los Estatutos de Autonomía, corresponde al Estado dictar la legislación básica en materia de protección del medio ambiente y a las Comunidades Autónomas la competencia de desarrollo legislativo y ejecución, así como la facultad de dictar normas adicionales de protección. Lo anterior es importante, ya que establece que las normas ambientales frecuentemente no son reguladas a nivel de Estado sino a nivel regional (Comunidad Autónoma), o, incluso, a nivel de los municipios. A modo de ejemplo, la derogada Ley 29/1985 de Aguas se limitó, en términos generales, a establecer algunas prescripciones de principio, con el fin de garantizar la calidad de las aguas continentales y de su entorno, sin merma de la competencia de las Comunidades Autónomas para desarrollar o complementar aquellas normas generales y para ejecutarlas en el ámbito de sus competencias administrativas sobre el Dominio Público Hidráulico.

En relación a la evaluación de impacto ambiental, las plantas de tratamiento de agua potable no entran al sistema de evaluación, a salvedad de las "instalaciones de desalación o desalobración de agua con un volumen nuevo o adicional superior a 3.000 metros cúbicos al día" (Anexo II de la Ley 21/2013, de evaluación ambiental), con procedimiento simplificado. Desde el punto de vista ambiental, el principal requisito administrativo que requiere la construcción de una desaladora, es la obligación de realizar un estudio de impacto ambiental, tal y como establecen las leyes nacionales y autónomas (MINSAPOL, 2009:179). También pueden entrar a evaluación del impacto ambiental la extracción de volúmenes importantes de aguas subterráneas.

No es aplicable el Real Decreto Legislativo 1/2016, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación, ya que las PTAP o desaladoras no están listadas en su Anexo 1. Por la misma razón no es aplicable el Decreto 815/2013, por el que se aprueba el Reglamento de emisiones industriales y de desarrollo de la Ley 16/2002.

Legislación sobre agua

En España, el principal cuerpo normativo es el Real Decreto Legislativo 1/2001, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. Establece, entre otras cosas, que “las aguas continentales superficiales, así como las subterráneas renovables, integradas todas ellas en el ciclo hidrológico, constituyen un recurso unitario, subordinado al interés general, que forma parte del dominio público estatal como dominio público hidráulico” (artículo 1, punto 3). Establece que “las aguas procedentes de la desalación de agua de mar” también constituyen dominio público hidráulico (artículo 2 letra e), un aspecto interesante para la discusión actual en Chile. Incluso, la Ley destina un capítulo entero a las aguas procedentes de la desalación (capítulo V del título I). También está interesante el orden de preferencia de usos establecido en el artículo 60, que sitúa el abastecimiento de la población en el primer lugar y define que toda concesión (derecho de agua) está sujeta a expropiación forzosa, a favor de otro aprovechamiento que le preceda.

En el título V de la Ley se definen los aspectos de la protección del dominio público hidráulico y de la calidad de las aguas. Así en el punto 1 del artículo 100 se establece que “se considerarán vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada. Queda prohibido, con carácter general, el vertido directo o indirecto de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales o cualquier otro elemento del dominio público hidráulico, salvo que se cuente con previa autorización administrativa”. Dicha autorización debe tener en consideración las mejores técnicas disponibles (punto 2). Los detalles de las autorizaciones de vertido están contenidos en el Artículo 101. Ahí por ejemplo se establece que “las autorizaciones de vertido corresponderán a la Administración hidráulica competente, salvo en los casos de vertidos efectuados en cualquier punto de la red de alcantarillado o de colectores gestionados por las Administraciones autónomas o locales o por entidades dependientes de las mismas, en los que la autorización corresponderá al órgano autónomo o local competente” (punto 2). Cabe recordar que la Administración hidráulica competente corresponde a una Comunidad Autónoma, si la cuenca hidrográfica se encuentra comprendida íntegramente dentro de su ámbito territorial. Para la infiltración a aguas subterráneas, el artículo 102 establece que “cuando el vertido pueda dar lugar a la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar los acuíferos o las aguas subterráneas, sólo podrá autorizarse si el estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad”. Interesante también la condición que hay una tarifa asociada a las descargas, que se destina al estudio, control, protección y mejora del medio receptor (artículo 113). “Son competencia de la Administración General del Estado las obras hidráulicas de interés general. (...) El resto de las obras hidráulicas públicas son de competencia de las Comunidades Autónomas y de las Entidades locales” (artículo 124). En las cuencas hidrográficas que excedan el ámbito territorial de una Comunidad Autónoma, las obras de abastecimiento, potabilización y desalación cuya realización afecte a más de una Comunidad Autónoma son considerados de interés general (artículo 46). En este ámbito, a octubre del año 2020, unas 70 actuaciones de desalación han sido declarados de interés general (de un universo de aprox. 2.500). Además, para el caso específico de la Comunidad Autónoma de Canarias, se establece que obras de desalación son de interés general (Disposición adicional novena).

España ha publicado el Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, adecuando así a la legislación española la normativa comunitaria.

Las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas fueron fijadas por el Decreto Real 60/2011. Tiene como finalidad trasponer todos los aspectos contenidos en la Directiva 2008/105/CE e incorpora los requisitos técnicos sobre análisis químicos establecidos en la

Directiva 2009/90/CE. De este modo ambos textos legislativos europeos quedan incorporados al ordenamiento interno español.

El Real Decreto Ley 11/1995, por el que se establecen las normas aplicables al tratamiento de las aguas residuales urbanas tiene por objeto la transposición al ordenamiento interno la Directiva 91/271/CEE. Luego, el Real Decreto 509/1996, de desarrollo del Real Decreto Ley 11/1995, establece, entre otras cosas, una norma de emisión para plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas (PTAS), con parámetros tales como:

- DBO₅: 25 mg/L
- DQO: 125 mg/L
- SST: 35 mg/L para PTAS > 10.000 habitantes equivalentes y
60 mg/L para PTAS con entre 2.000 y 10.000 habitantes equivalentes.
- Requisitos para fósforo total y nitrógeno total

El Real Decreto 1620/2007, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas, aplicable a plantas de tratamiento de aguas servidas principalmente. No obstante lo anterior, existe la práctica de dilución de salmuera con aguas servidas tratadas, entre otras prácticas, donde las aguas mezcladas resultantes también cumplen los requisitos en términos de calidad para los usos previstos en el Real Decreto 1620/2007.

En relación a las descargas también habría que mencionar el derogado Real Decreto 484/1995 (derogado en 2003, pero discutido por IFARLE (2012)) que tenía por objeto regular el procedimiento y establecer medidas complementarias para la adaptación de los vertidos según la Ley 29/1985 (Ley de Aguas). Fue una medida tomada a causa de la existencia de determinados vertidos ilegales y de numerosas autorizaciones de vertidos provisionales, con la finalidad de conseguir un orden de los vertidos a través de planes concretos de regularización.

Para la descarga a aguas superficiales el procedimiento de obtención de la autorización de la descarga dista mucho de los procedimientos que se conocen en Chile. Sobre todo los valores límites de emisión en el sentido de una "norma" no son comparables con las concentraciones máximas permisibles en la regulación chilena. Sin ahondar en los procesos administrativos involucrados, a continuación se exponen los criterios de establecimiento de los límites de emisión que prácticamente es una evaluación caso a caso. De este modo, el Ministerio de Medio Ambiente indica, que en cuanto al modo de expresar estos valores límite de emisión en la autorización de vertido hay que tener en cuenta lo siguiente (según MMA, 2007:96):

- Se deben establecer límites para los parámetros característicos de la actividad generadora del vertido;
- Los límites pueden ser expresados como concentración, porcentaje de reducción, carga por tiempo o carga específica según toneladas de producción o de transformación de la materia prima;
- Puede ser necesario establecer límites temporales, diferentes según los meses del año o diferentes según la estación del año;
- No deben fijarse valores límite de emisión genéricos, ya que solo se debe autorizar el vertido de los parámetros característicos de la actividad;
- Es posible fijar en la autorización una aplicación gradual de los límites de emisión (límites por fases);
- Existe la posibilidad de establecer cláusulas que obliguen al titular del vertido a respetar los objetivos de calidad por usos, normas de calidad y objetivos ambientales del medio

receptor. Sin embargo el titular del vertido no es directamente responsable de respetar las cláusulas de descarga, sino que es el Organismo de cuenca el que debe planificar correctamente las autorizaciones de vertido para cumplir las exigencias del medio receptor. En caso de que se produzca un incumplimiento de los objetivos ambientales del medio receptor, pero se cumplan los valores límite de emisión establecidos en la autorización, el Organismo de cuenca debe proceder a la revisión de la autorización de vertido para su adecuación a las normas de calidad ambiental del medio receptor.

De acuerdo al Ministerio del Medio Ambiente (MMA, 2007:118), la determinación de los límites de vertido aplicables a una autorización debe realizarse mediante dos métodos, estableciendo como valor límite el más restrictivo de los dos:

- De acuerdo con la actividad generadora del vertido, teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles;
- En función de los objetivos de calidad o normas de calidad medioambiental del medio receptor (incidencia del vertido).

El “enfoque combinado” expresado en la Directiva 2000/60/CE Marco de aguas, establece que se deben fijar los límites teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles, y que una vez hecho esto se debe analizar si son compatibles con la consecución de las normas de calidad ambiental del medio receptor, en caso contrario se deben establecer límites más rigurosos.

Quílez (2008) realiza una recopilación de las diferentes normas de emisión de residuos líquidos al alcantarillado público de una serie de Comunidades Autónomas. Finalmente es la autoridad municipal que debe dar la autorización para realizar el vertido de aguas salinas en el alcantarillado municipal (MINSAPOL, 2009:193).

Tabla N°3.14:
Valores límite de descarga al alcantarillado público en diferentes Comunidades Autónomas de España

Fuente: Quílez (2008)

Parámetros	COMUNIDAD AUTÓNOMA							
	Aragón	Cataluña	La Rioja	Madrid	Murcia	Navarra	Euskadi	Asturias
pH	5,5-9,50	6-10	5,5-9,5	6-9	5,5-9,5	5,5-9,5	6-9,5	6-9
DBO (mg/l)	1.000,00	750,00	600,00	1.000,00	650,00	DBO/DOO= 0,3		1.000,00
DOO (mg/l)	1.500,00	1.500,00	1.000,00	1.750,00	1.100,00			1.600,00
Sólidos en Susp. (mg/l)	1.000,00	750,00	600,00	1.000,00	500,00		600,00	1.000,00
Tª (°C)	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00		40,00	45,00
Conductividad (mS/cm)	4,00	6,00	5,00	5,00	5.000,00 (S/cm)*		5.000,00 (S/cm)*	5,00
Color	inapreciable (1/40)	inapreciable (1/30)	inapreciable (1/40)				inapreciable (1/40)	inapreciable (1/40)
Sólidos gruesos (mg/l)	ausentes						ausentes	
Material sedimentable (ml/l)	20,00		10,00					10,00
Ácidos y grasas	150,00	250,00	100,00	100,00	100,00		40,00	500,00

Tabla N°3.14 (cont.):
Valores límite de descarga
al alcantarillado público en
diferentes Comunidades
Autónomas de España

Fuente: Quílez (2008)

Sustancias	COMUNIDAD AUTÓNOMA								
	Aragón	Cataluña	La Rioja	Madrid	Murcia	Navarra	Euskadi	Asturias	
As (mg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cd (mg/l)	0,40	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,20	1,50	0,50
CN- (mg/l)	2,00	1,00	2,00	5,00	5,00	5,00	0,1 si F> 0,5 g/día	2,00	2,00
Cu (mg/l)	3,00	3,00	2,00	3,00	5,00	5,00	0,5 si F> 0,5 g/día	7,50	5,00
Hg (mg/l)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,05	1,50	0,10
Ni (mg/l)	5,00	5,00	5,00	10,00	10,00	10,00	0,5 si F> 0,5 g/día	5,00	5,00
Pb (mg/l)	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	2,00	0,5 si F> 0,5 g/día	3,00	1,00
Zn (mg/l)	10,00	10,00	5,00	5,00	5,00	5,00	2 si F>20 g/día	15,00	10,00
Ba (mg/l)	20,00	10,00	10,00	20,00	20,00	20,00	20,00		10,00
B (mg/l)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	5,00		3,00
Fe (mg/l)	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	2 si F>20 g/día	150,00	10,00
Se (mg/l)	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,10		0,50
Sn (mg/l)	5,00	5,00	5,00	2,00	4,00	4,00	2 si F>20 g/día		5,00
Sulfuros (mg/l)	5,00	1,00	2,00	5,00	5,00	5,00	5,00	2,00	2,00
Fenoles Totales (mg/l)	5,00	2,00	2,00	3,00	2,00	2,00	0,3 si F>0,5 g/día	50,00	2,00
Cr (total) (mg/l)		3,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,5 si F> 0,5 g/día	1,50	5,00
Al (mg/l)	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	2 si F> 10 g/día		15,00
Cr (VI) (mg/l)	1,00	0,50	0,50	3,00	1,00	1,00	0,1 si F> 0,5 g/día		1,00
Mn (mg/l)	10,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1 si F>10 g/día		2,00
Fluoruros (mg/l)	15,00	12,00	10,00	15,00	15,00	15,00	10 si F> 5 g/día		12,00
Sulfatos (mg/l)	1.000,00	1000,00	1.000,00				500,00	1.500,00	
N(amoniaco) (mg/l)	85,00		35,00				35,00	300,00	60,00
Toxicidad (equitox/m3)	30 (U.T.)		25,00	25,00	25,00			50,00	
Detergentes (mg/l)	6,00	6,00	10,00				6,00		
Hidrocarburos (mg/l)		15,00	15,00				10,00		15,00
Cloruros (mg/l)	2.000,00		2.000,00				2.000,00		
Sulfitos (mg/l)	5,00		10,00				2,00		
P(total) (mg/l)	30,00						20,00		
N(total) (mg/l)			50,00		50,00		50,00		
N(nitrico) (mg/l)	65,00		20,00				20,00		
Pesticidas (mg/l)	0,50		0,20				0,05		
AOX (mg/l)		2,00	3,00				3 si F> 5 g/día		
Co (mg/l)			1,00						
Aldehidos (mg/l)	2,00		4,00				2,00		
Organoestannicos (mg/l)		0,10							
Sb (mg/l)			1,00						
Mo (mg/l)			1,00						
Ti (mg/l)			1,00						
V (mg/l)			1,00						
Tl (mg/l)			1,00						
Te (mg/l)			1,00						
PAH's (mg/l)		0,20	0,50						
BTEX (mg/l)		5,00	1,50						
M.Inhíbidoras (equitox/m3)		25,00					25,00		
Amonio (mg/l)									
Cr (III) (mg/l)	5,00								
Fosfatos (mg/l)			60,00						
Organofosforados (mg/l)									
Dióxido de Titanio (mg/l)									
Be (mg/l)			1,00						
U (mg/l)									
Ag (mg/l)			1,00	0,10	0,10			1,00	1,00
Fluoruros (mg/l)	15,00		10,00						
Nitritos (mg/l)									
Nitratos (mg/l)									
Nonilfenol (mg/l)		1,00							
Plaguicidas Totales (mg/l)		0,10							
Triazinas (mg/l)		0,30							
Cloroformo (mg/l)		1,00							
1,2-Dicloroetano (mg/l)		0,40							
Dióxido de Azufre (mg/l)									
Tricloroetileno (mg/l)		0,40							
Percloroetileno (mg/l)		0,40							
Triclorobenceno (mg/l)		0,20							
CCl4 (mg/l)		1,00							
Benceno (mg/l)			0,50						
Tolueno (mg/l)			0,50						
Etilbenceno (mg/l)			0,50						
Xileno (mg/l)			0,50						
Zr (mg/l)							1 si F>0,5 g/día		

En relación a las descargas al mar, CEDEX (2013:8) señala que “en España no existe ninguna normativa que regule específicamente los vertidos al mar de las plantas desalinizadoras a nivel nacional ni europeo, ni que establezca valores límites de emisión u objetivos de calidad en el medio receptor para la hipersalinidad que constituye el principal componente de la salmuera.

Algunas normativas autonómicas, como la andaluza (Orden del 14 de febrero de 1997), establece límites de salinidad, pero muy por encima de lo que las especies marinas son capaces de resistir. Por tanto, no se cuenta en la actualidad con legislación vigente donde se indiquen límites críticos para los componentes químicos y propiedades físicas propias de la salmuera, y que se hayan establecido en función de los hábitats y especies susceptibles de ser afectados. La vigente “Instrucción para el proyecto de conducciones de vertido desde tierra al mar” (...) incluye algunas especificaciones aplicables a los salmueroductos y al vertido (...) Ante esta falta de regulación legal pero la necesidad de garantizar la protección de los ecosistemas estenohalinos expuestos a los vertidos de salmuera, las autoridades ambientales han venido estableciendo como condicionantes ambientales en las Declaraciones de Impacto Ambiental y en las Autorizaciones de vertido, límites críticos de salinidad para algunos de los ecosistemas marinos de mayor valor ecológico en el Mar Mediterráneo”.

Legislación sobre residuos sólidos

La normativa de residuos en España es una legislación relativamente compleja. Tal como se ha señalado, a nivel europeo la norma base es la Directiva Marco 2008/98/CE a la que suceden numerosos actos comunitarios que se centran en problemáticas concretas y residuos que requieren de un régimen jurídico especial. La transposición al derecho español de las directivas europeas de residuos ha dado lugar a multitud de textos legales. La normativa española sobre residuos está compuesta por la legislación básica del estado y las normas de desarrollo aprobadas por las comunidades autónomas. A su vez, los municipios también tienen potestad reglamentaria para el desarrollo de normativas sobre esta materia. La legislación de residuos a nivel estatal, relevante para el presente estudio es la que a continuación se presenta.

La principal regulación es la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, que orienta la política de residuos conforme al principio de jerarquía en la producción y gestión de los mismos, maximizando el aprovechamiento de los recursos y minimizando los impactos de la producción y gestión de residuos. Además promueve la implantación de medidas de prevención, la reutilización y el reciclado de los residuos. Adopta la Lista Europea de Residuos (Artículo 6) y siguiendo las pautas de la Directiva marco de residuos se introducen artículos específicos dedicados a los conceptos de “subproducto” y de “fin de la condición de residuo”, y se establecen las condiciones que debe cumplir un residuo para considerarse un subproducto o para perder su condición de residuo. La planificación de la gestión de los residuos es otro instrumento esencial de la política de residuos. Por ello esta Ley en su Título II desarrolla estos planes a nivel nacional, autonómico y local: el Plan Nacional marco de Gestión de Residuos define la estrategia general de gestión de residuos así como los objetivos mínimos, las Comunidades Autónomas elaborarán sus respectivos planes autonómicos de gestión de residuos, y se posibilita a las Entidades Locales para que realicen, por separado o de forma conjunta, programas de gestión de residuos.

Actualmente, la lista LER de residuos ya ha sido adoptada en España mediante Orden MAM/304/2002, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. Con la adopción de la clasificación europea de residuos y la lista LER se tiene que los residuos provenientes de PTAP generalmente son considerados no peligrosos, por lo cual no se discuten las regulaciones relacionados con residuos tóxicos y peligrosos, a saber:

- Real Decreto 833/1988, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 básica de residuos tóxicos y peligrosos.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988 de 20 de julio.

Sin perjuicio de lo anterior, el Real Decreto 833/1988 (y sus actualizaciones) si menciona la “Captación, depuración y distribución de agua” como actividad que puede generar residuos tóxicos y peligrosos (Tabla 6, código A181 (1)), también aparecen varios procesos que se encuentran en PTAP en la Tabla 7 Procesos generadores de residuos, tales como:

- B0012 Ablandado de aguas mediante zeolitas;
- B0013 Ablandado de aguas mediante resinas cambiadoras;
- B10502 Regeneración de filtros de plantas de tratamiento o depuración;
- entre otros.

Ahora bien, tal como se ha señalado, los residuos provenientes de PTAP usualmente no tienen las características que permiten calificarlos de tóxicos y/o peligrosos.

En relación a los lodos, las regulaciones españolas usualmente se refieren a lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas servidas, aunque, como se ha visto, existe la posibilidad que lodos de plantas de tratamiento de agua potable también lleguen a las PTAS:

- Orden AAA/1072/2013, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Real Decreto 1310/1990, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

3.5.3 Normativa técnica

En España las asociaciones técnicas no tienen la larga historia como las de Alemania, Suiza o Austria.

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS)

La Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) es la asociación profesional de referencia en el sector del agua urbana en España. Es relativamente reciente, ya que se constituyó en 1973 como asociación profesional sin ánimo de lucro para la promoción y el desarrollo de los aspectos científicos, técnicos, administrativos y legales de los servicios urbanos de abastecimiento de agua y saneamiento. Desde entonces, engloba a entidades gestoras –servicios municipales y empresas públicas, privadas y mixtas– que prestan servicios de abastecimiento y saneamiento al 80% de la población española, así como a empresas tecnológicas relacionadas con el sector del agua, organismos públicos y expertos individuales. Actualmente, AEAS cuenta con cerca de 300 asociados y las entidades operadoras integradas en la asociación prestan servicio a más de 35 millones de habitantes en alrededor de 1.700 municipios españoles.

Los fines de la Asociación son la promoción y el desarrollo de los servicios de agua urbanos para mejorar su eficiencia, satisfacer las necesidades, expectativas e intereses presentes y futuros de los ciudadanos, proteger los recursos hídricos, asegurar su uso duradero, y proteger el medio ambiente. Para lograr estos fines, AEAS:

- Colabora con las Administraciones nacionales y las instituciones de la UE competentes en la normativa, uso, control y calidad sanitaria del agua.
- Fomenta la formación, el entendimiento y el intercambio de conocimientos entre los profesionales del sector.
- Pertenece y colabora con asociaciones y organizaciones afines, tanto nacionales como internacionales.
- Organiza conferencias, reuniones, congresos y edita publicaciones técnicas.

Si bien no cuenta con publicaciones específicas dedicadas a efluentes y residuos generados en PTAP, se puede destacar el siguiente documento:

En 2014 publica las Recomendaciones Técnicas para la Regulación del Servicio de Saneamiento de Agua Urbana (AEAS, 2014) que fue elaborado en conjunto con la Federación Española de Municipios y Provincias. El objetivo del documento es la regulación del servicio público de saneamiento de agua y recomienda las normas y procedimientos relativos a los vertidos de aguas usadas o residuales a las redes de saneamiento y su control más la gestión de la red de alcantarillado, así como de las infraestructuras de depuración, todo ello para facilitar la protección de dichas instalaciones, del medio ambiente y de la salud de las personas. En particular, en el Anexo III del documento se establecen limitaciones a las descargas toleradas, según se indica en la tabla que sigue:

Tabla N°3.15:
Límites máximos permisibles en las descargas de efluentes al alcantarillado público en España

Fuente: AEAS (2014)

Parámetro	Descarga al alcantarillado
Parámetros tratables	
pH	5,5-9,0
Sólidos suspendidos totales	1.000 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	1.500 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (en 5 días)	1.000 mg/L
Aceites y grasas	200 mg/L
Nitrógeno amoniacal	80 mg/L
Fósforo total	50 mg/L
Parámetros difícilmente tratables	
Temperatura	50 °C
Conductividad	6.000 µS/cm
Sulfuros	5 mg/L
Toxicidad	30 U.T.
Color	Inapreciable a dilución 1:40
Detergentes	12 mg/L
Cloruros	2.500 mg/L
Sulfitos	20 mg/L
Sulfatos	1.000 mg/L
Aluminio total	20 mg/L
Bario total	20 mg/L
Boro total	3 mg/L
Estaño total	10 mg/L
Hierro total	10 mg/L
Manganeso total	10 mg/L
Fenoles totales	2 mg/L
Parámetros de sustancias peligrosas	
Pesticidas	0,1 mg/L
Arsénico total	1 mg/L
Cadmio total	0,5 mg/L
Cobre total	3 mg/L
Cromo III total	2 mg/L
Cromo VI	0,5 mg/L
Cromo total	3 mg/L
Mercurio total	0,05 mg/L
Níquel total	5 mg/L
Plomo total	0,5 mg/L
Selenio total	0,5 mg/L
Zinc total	10 mg/L
Cianuros	0,5 mg/L
Fluoruro	15 mg/L
Suma de metales: Al+Cr+Cu+Ni+Zn	15 mg/L

Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR)

La Asociación Española de Desalación y Reutilización (AEDyR) fue creada en 1998 para agrupar a las diferentes empresas y colectivos de este sector. De acuerdo a sus estatutos, la finalidad de la Asociación es “promover un uso adecuado de la desalación de agua de mar y aguas salobres y de la reutilización de aguas residuales regeneradas, contribuyendo así a la gestión sostenible de los recursos hídricos”. Para ello realiza una serie de actividades entre las que cabe destacar sus congresos, como punto de encuentro del sector y difusión de la investigación y novedades tecnológicas, y las actividades de formación y preparación de técnicos.

Actualmente AEDyR cuenta con aproximadamente 300 asociados, y reúne a prácticamente todas las empresas del sector e instituciones públicas de nuestro país con interés en el ámbito de la desalación y reutilización: constructoras, ingenierías, fabricantes, universidades, centros de investigación y Administraciones Públicas.

3.5.4 Ejecución en la práctica

En términos prácticos, hay un abanico de alternativas de descarga para los efluentes líquidos provenientes de PTAP tradicionales, así como de las PTOI. Tal como señala MINSAPOL (2009:179), se deberán considerar las diferentes alternativas en la evacuación de los rechazos (tratándose de PTOI), distinguiendo claramente su procedencia, caudal, composición y concentración. Igualmente deberán tenerse en cuenta las características del sistema receptor, que podrá ser cerrado, en redes de alcantarillado municipal a depuradora, o abierto al medio natural, con el objetivo final de preservar el estado del medio donde se implante una instalación. Es importante señalar que cualquier vertido deberá contar con la correspondiente autorización administrativa. Más allá de eventuales normas de emisión podrán ser relevantes las normas de calidad al momento de obtener la autorización para la descarga en el marco del sistema de evaluación del impacto ambiental.

En relación al manejo de lodos se tiene que en España, el destino final de este tipo de lodos deshidratados por lo general suele ser un relleno sanitario o vertedero controlado, como relleno de terrenos y canteras ya explotadas en determinadas zonas, o incluso compostaje junto con lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas. Dado su elevado contenido en arcilla, algunos lodos se emplean en la fabricación de determinados productos cerámicos, tales como ladrillos, bases para baldosas y azulejos, etc., siempre que el contenido en materia orgánica sea bajo.

Lodo deshidratado podría emplearse como aditivo en la industria cerámica. En el sector de la construcción el lodo puede ser aprovechado en la fabricación de cementos Portland y Clínter, y en la producción de ladrillos cerámicos, como reemplazo parcial de uno de los materiales, que provoca reducción de la contaminación hídrica, menor gasto de energía, menor uso de utilización de recursos naturales, aumentando la vida útil de las canteras. En cualquier caso, y tal como se ha señalado anteriormente, estos lodos no están caracterizados como residuo tóxico o peligroso, por lo que generalmente pueden considerarse como vertido inerte de cara a su destino final en los rellenos sanitarios o vertederos controlados. (Ramírez, 2008; García et al., 2017; García, 2018)

Un caso práctico es la PTAP Tajo que es una de las plantas que suministra la ciudad de Madrid. Fue inaugurada en el año 2010 y es la planta más moderna y avanzada de la zona. Toma agua superficial del río Tajo con elevadas concentraciones de sulfatos (hasta 700 ppm) y sólidos disueltos totales de más de 1.200 ppm y trata un caudal de aproximadamente 2 m³/s, lo que corresponde al 10% del consumo de la región. Los pasos del tratamiento corresponden a los siguientes: tamizado fino (100 micras), pre-ozonización, pre-cloración, ajuste de pH, coagulación/floculación, decantación laminar, ultrafiltración, ósmosis inversa y desinfección. La

línea de lodos consiste en flotación y deshidratación mediante centrífuga previa la disposición final. El rechazo finalmente es devuelto al río Tajo. (N.N., sin fecha; Canal de Isabel II, 2015)

3.6 Estado de Israel

Israel se ubica en la región de Oriente Próximo y que se encuentra en la ribera sudoriental del mar Mediterráneo. Limita al norte con el Líbano, al este con Siria y Jordania, con Palestina y el mar Muerto al este en Cisjordania, al oeste con la Franja de Gaza, al suroeste con Egipto. Con una superficie de 22 mil km² y una población de casi 9 millones de habitantes presenta una densidad poblacional de 392 hab/km². El territorio de Israel está dividido en seis distritos que a su vez se dividen en quince subdistritos. El país forma parte de la OCDE desde 2010, el mismo año del ingreso de Chile.

Clima

Situado entre los desiertos de África y Asia, de una parte, y del mar Mediterráneo, cálido y húmedo, de la otra, Israel se encuentra con múltiples influencias y expresiones climáticas en su reducida superficie, que es del orden de la Región del Biobío. El régimen térmico varía notablemente con la altitud y la continentalidad. Las ciudades costeras, como Tel Aviv y Haifa, tienen un típico clima mediterráneo frío y lluvioso, con inviernos largos y veranos muy calurosos. En el extremo sur, en el golfo de Eilat, el clima es tropical seco. En general se aprecia una estación seca (abril-octubre) y una lluviosa (desde octubre-noviembre hasta abril).

Actividades Económicas Predominantes

Israel es considerado como el país más avanzado del sudoeste de Asia en el desarrollo económico e industrial. Tiene un PIB per cápita elevado (aprox. 44.000 USD). La capital, sede del gobierno y mayor ciudad del país es Jerusalén; el principal centro económico y financiero se encuentra en Tel Aviv y el mayor centro industrial se localiza en Haifa. Un tercio de la fuerza laboral trabaja en el sector público, 17% en la industria, 20% en finanzas, turismo y comercio y un 28% en otros sectores (servicio, etc.). Israel es el país que más dinero invierte per cápita en investigación y desarrollo. Con escasos recursos hídricos, Israel ha desarrollado varias y variadas tecnologías para el ahorro de agua, incluidas las de riego por goteo. De este modo, y a pesar de los limitados recursos naturales, el desarrollo intensivo de la agricultura y el sector industrial durante las últimas décadas convirtió a Israel prácticamente en autosuficiente en la producción de alimentos. Las principales exportaciones incluyen frutas, verduras, productos farmacéuticos, software, productos químicos, tecnología militar, y diamantes. No obstante lo anterior, la agricultura aporta solamente 1% al BIP, la industrial 19% y el sector terciario un 72%.

3.6.1 Caracterización del sector sanitario

Las precipitaciones medias en Israel son del orden de 500 mm, lo cual resulta en una disponibilidad teórica total anual de $11 \cdot 10^9$ m³. Sin embargo, el 70% se evapora y un 25% se infiltra al suelo o subsuelo y solamente un 5% se convierte en escorrentía (Marín et al., 2017:3). La disponibilidad real es del orden de $1,8 \cdot 10^9$ m³, siendo la mitad aguas importadas de las alturas del Golán, Líbano y el West Bank. Los recursos económicamente explotables son del orden de $1,1 \cdot 10^9$ m³ de aguas subterráneas y manantiales y $0,6 \cdot 10^9$ m³ de aguas superficiales.

Pese a aportar solamente 1% al PIB, la agricultura de regadío es la actividad que más agua consume en Israel; aproximadamente el 56% ($1,2 \cdot 10^9$ m³). Esta cifra se divide entre agua potable ($0,4 \cdot 10^9$ m³) y agua reclamada, salobre y otras ($0,8 \cdot 10^9$ m³). Le sigue el uso doméstico con un 39% ($0,8 \cdot 10^9$ m³). La actividad industrial solamente consume el 4% ($0,1 \cdot 10^9$ m³). Los consumos totales suman aproximadamente $2,2 \cdot 10^9$ m³. (Water Authority, 2021)

Desde el año 2000 el responsable en establecer las políticas relacionadas con el agua es el Ministerio de Energía y Agua (Ministry of Energy and Water). La Autoridad israelí del Agua (Israel Water Authority) es la responsable de la planificación y la regulación de todo uso y tratamiento del agua a nivel nacional. En este sentido tiene una doble función: planificación y regulación. El Ministerio de Salud (Ministry of Health) define los estándares y requerimientos al agua potable y al uso agua reclamada en la agricultura. El Ministerio de Medio Ambiente (Ministry of Environmental Protection) define y supervisa el cumplimiento de las normas de descarga, entre otros. La empresa estatal Mekorot fue fundada en 1937 y suministra anualmente $1,6 \cdot 10^9$ m³, correspondiente al 85% del consumo doméstico y el 70% del consumo total. Existen empresas sanitarias municipales que se encargan de la distribución del agua potable a usuarios domésticos e industriales; además operan el alcantarillado público y las plantas de tratamiento de aguas servidas. De tal modo que hoy en día 56 empresas sanitarias regionales que atienden a 187 municipios, además de más 1.000 servicios rurales. (Marín et al. 2017:5-7; Water Authority, 2021)

Dado que las precipitaciones se concentran principalmente en el invierno y en el norte del país, se establecieron obras hidráulicas grandes, tales como un acueducto que trasfiere agua del lago (de agua dulce) más grande del país (Lago de Galilea) hacia la costa y la zona sur del país. De hecho, la intención de desviar las aguas del río Jordán por el Líbano, Siria y Jordán incrementó las tensiones que llevaron a la Guerra de los Seis Días en 1967. El uso de las aguas del Río Jordán sigue en disputa hasta hoy día. Un periodo de extrema sequía (1998-2002) impulsó la reutilización de aguas servidas tratadas y la desalinización de agua del mar. No obstante lo anterior, ya en 1969 se inició la operación de la PTAS Shafdan al sur de Tel Aviv con la finalidad de reutilizar las aguas tratadas ($130 \cdot 10^6$ m³/a) en riego. En la actualidad, el país cuenta con 67 grandes PTAS (mayores de 1.500 m³/d), y las 10 mayores depuradoras tratan aproximadamente $300 \cdot 10^6$ m³/a (el 56% del volumen total), la mayoría de las cuales fueron creadas por las autoridades locales. Hoy en día un tratamiento terciario, que incluye remoción de sales debe permitir el uso en riego sin restricciones. Es interesante el caso de la PTAS Shafdan, la más grande del país, que atiende a 2,5 millones de habitantes. El tratamiento terciario consiste en la recarga artificial del acuífero, donde las aguas proveniente del tratamiento secundario son infiltradas al subsuelo. Un sistema de bombeo evita la mezcla con las aguas subterráneas y las aguas reclamadas posteriormente son extraídas luego de un periodo de entre seis a doce meses y transportadas hacia el desierto del Negev. (Marín et al. 2017)

De los $0,54 \cdot 10^9$ m³/a de aguas servidas que anualmente se generan, un 93% es tratado ($0,50 \cdot 10^9$ m³/a) y un 86% es utilizado como aguas reclamadas ($0,47 \cdot 10^9$ m³/a). (Water Authority, 2021; Marín et al. 2017)

La primera PTOI de Israel fue puesta en operación en Eilat el año 1997. Luego de la mega sequía, el gobierno impulsó la construcción de otras plantas desaladoras de agua de mar a lo largo de la costa del mar mediterráneo. De este modo, iniciaron su producción las siguientes PTOI: Ashkelon (2005, $120 \cdot 10^6$ m³/a), Palmachim (2007, $90 \cdot 10^6$ m³/a), Hadera (2009, $127 \cdot 10^6$ m³/a), Sorek (2013, $150 \cdot 10^6$ m³/a) y Ashdod (2015, $100 \cdot 10^6$ m³/a). La mayoría de estas plantas fueron construidas y son operadas por empresas privadas bajo modelos BOT. Otras desaladoras fueron licitadas o están en construcción: West Galilee ($100 \cdot 10^6$ m³/a) y Sorek B ($200 \cdot 10^6$ m³/a). (Water Authority, 2021)

WATEREUSE (2011:16) indica que los lugares de emplazamiento de las plantas desalinizadoras de Shkelon y Hadera fueron seleccionados específicamente por su proximidad a lugares costeros con una mezcla natural muy intensa de las mareas cercanas a la costa, lo que eliminó la necesidad de construir largos emisarios y costosas estructuras difusoras.

Adicionalmente a las grandes plantas desaladoras costeras, Mekorot explota 31 pequeñas plantas, principalmente en el sur del país, y mantiene un amplio programa de investigación en

desalinización de agua de mar (Eilat, Ashdod), salobre (Eilat, Kziot, Neve Zohar) y residual (Shafdan). Las instalaciones de Mekorot hacen hincapié en la adaptación del proceso de ósmosis inversa a las condiciones específicas del lugar y en el mejor uso de las fuentes de agua salobre, que son limitadas pero mucho más baratas de desalinizar que el agua de mar (Garb, 2008). Tenne (2010) indica que las diez plantas de desalinización de agua salobre (con nombres de: Gat 10, Naaman-Kurdani, Granot, Maayan Zvi, Lahat, Magan Mekorot, Kzlot, Magarey Asher, Magan Hatpla, y Atlit) proveniente de pozos de agua subterránea en ese momento producían en su conjunto 30×10^6 m³/a con una previsión de llegar a $80-90 \times 10^6$ m³/a al año 2020.

Las coberturas de agua potable y alcantarillado usualmente se cifran en 100%. El consumo per cápita de agua potable es de 237 L/hab/d.

3.6.2 Normativa

Legislación sobre agua

Para los efectos del estudio, se pueden mencionar dos cuerpos legales que fueron establecidos dentro de la primera década de existencia del Estado de Israel: La Ley de Supervisión de Pozos de Agua (Law for Supervision of Water Drillings) de 1955 trasfiere bajo control estatal la producción de agua. El Código de Aguas (Water Law) de 1959 en cambio es la pieza central del marco regulatorio del agua en Israel. Define que todos los recursos hídricos son controlados por el estado (no hay propiedad privada del agua en Israel de acuerdo al artículo 1 de esta Ley) y establece un sistema de derechos de agua y el marco para reglamentos y ordenanzas que definen normas de emisión. Es interesante el artículo 20C de esta ley que ordena que *“la persona que tenga en su poder una instalación para la producción de agua, el suministro, el transporte, el almacenamiento o la recarga de agua en el subsuelo deberá adoptar todas las medidas razonables para evitar que la instalación o su funcionamiento provoquen la contaminación del agua”*. Las descargas de aguas residuales requieren de un permiso (artículo 20E). La Autoridad Nacional del Agua puede restringir el suministro de agua a personas cuyas descargas causan contaminación (artículo 20H inciso a).

La normativa de agua potable y requisitos a las PTAP, incluyendo las PTOI está contenidas en el documento “Calidad sanitaria de Agua Potable e Instalaciones de Agua Potable” del año 2013 (Public Health regulations - Sanitary Quality of Drinking Water and Drinking water Facilities), sin embargo no contiene requisitos en relación al manejo de residuos sólidos o líquidos.

El Ministerio de Medio Ambiente considera que la reducción de la salinidad de las aguas residuales municipales en Israel es uno de los principales temas de sus actividades. Con este fin, se redactaron reglamentos y se desarrolló un sistema ramificado de condiciones para las licencias comerciales, directrices y procedimientos de aplicación para la prevención de la salinización de las aguas residuales. En 2003, se emitieron regulaciones adicionales que restringen las concentraciones de sales en efluentes industriales - Regulaciones de Licencias Comerciales (concentraciones de sales en efluentes industriales). Para evitar la salinización de efluentes se fomenta la separación de corrientes dulces y salinas y descarga de éstas últimas al mar. De este modo, en 2011, 128 fábricas tenían permiso para descargar salmuera al mar. El vertido al mar se realiza de dos formas: Los camiones cisterna desvían la salmuera de las fábricas a dos sitios de descarga a lo largo de la costa aprobados por el Ministerio de Medio Ambiente (terminal de evacuación de salmuera en Acre y terminal de Shafdan en Rishon Lezion). También existe la posibilidad de que las instalaciones descargan directamente al mar. Ya en el año 1992 se dictó un Reglamento que prohíbe la descarga de sustancias salinas a cuerpos de agua (Water Regulations (Water Pollution Prevention - Prohibitions on Pouring Salt Substances to Water Sources). Lo anterior en base a la Ley de Aguas. La sección (2) establece que una persona que produce o

posee un dispositivo que produce residuos líquidos, debe separar las sustancias salinas de las demás. La sección (3) establece las condiciones para el vertido de sustancias salinas líquidas. Los estanques de almacenamiento de salmuera o lagunas de evaporación deben cumplir con un reglamento especial (Prevention of Water Pollution - Evaporation and Storage Ponds, 5757- 1997), el que fue elaborado en el año 1997 bajo la autoridad de la Ley de Aguas y la Ley de Reducción de Molestias, tiene por objeto prevenir la contaminación del agua de los estanques de evaporación y de almacenamiento de residuos industriales líquidos y salmueras. Entre otras cosas, prohíbe la construcción de lagunas de evaporación en todos los casos en que exista una alternativa económicamente viable y ambientalmente correcta para el tratamiento de los efluentes industriales. Al mismo tiempo, establecen condiciones y medidas para garantizar que la construcción y la operación de dichos sistemas no provoquen contaminación del agua, del aire o de los olores.

Un reglamento define el pH permitido en la descarga de residuos industriales líquidos (Prevention of Water Pollution – pH Values of Industrial Sewage, 5764-2003). De acuerdo a este reglamento, las descargas al alcantarillado deben cumplir con un pH de entre 6,0 y 10,0, habiendo una serie de precisiones y excepciones.

La norma de descarga de residuos industriales líquidos al alcantarillado público es del año 1981 (Model Local Authorities Bylaw – Discharge of Industrial Wastes into the Sewage System). Prohíbe la descarga de sustancias que pueden dañar el alcantarillado o el sistema de tratamiento (artículo 2). Entre otras cosas, también prohíbe la descarga de salmuera (punto 24 del Anexo). Establece los siguientes límites máximos permitidos:

Tabla N°3.16:

Límites máximos permisibles en las descargas de efluentes al alcantarillado público en Israel

Notas:

(*) Deben pasar una malla de 10 mm²

(**) 200 mg/L adicionales al contenido suministrado a la instalación

(***) o el contenido suministrado, hasta 500 mg/L

Fuente: Model Local Authorities Bylaw – Discharge of Industrial Wastes into the Sewage System

Parámetro	Descarga al alcantarillado
pH	6,0-9,0
Temperatura	45°C
Sólidos	10 mm ² (*)
Sólidos suspendidos totales	1.000 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	2.000 mg/L
Detergentes	1-3 mg/L
Fenoles y cresoles	3 mg/L
Aceites y grasas	100 mg/L
Aceites y grasas (hidrocarburos)	20 mg/L
Sólidos disueltos totales	3.500 mg/L
Cloruros	200 mg/L (**)
Sulfatos	200 mg/L (***)
Sulfuros	0,1 mg/L
Cianuro	2 mg/L
Cobalto	0,25 mg/L
Cloro residual	3 mg/L
Arsénico	0,25 mg/L
Aluminio	25 mg/L
Selenio	0,05 mg/L
Litio	0,3 mg/L
Berilio	0,5 mg/L
Boro	3 mg/L
Manganeso	1 mg/L
Molibdeno	0,05 mg/L
Fluoruro	1 mg/L
Cadmio	0,05 mg/L
Cromo total	0,25 mg/L
Cobre	1 mg/L
Plomo	0,25 mg/L
Mercurio	0,005 mg/L
Níquel	1 mg/L
Plata	0,05 mg/L
Vanadio	0,5 mg/L
Zinc	5 mg/L

Tal como se ha visto en la norma de emisión de descarga al alcantarillado público, hay una preocupación de limitar la carga salina. En concordancia con lo anterior, hay una regulación del año 1994 que busca la reducción del uso de sal en el proceso de regeneración de ablandadores e intercambiadores iónicos (Prevention of Water Pollution - Reduction of Salt Use in the Regeneration Process, 1994). La sección (2) establece que se debe regenerar el dispositivo de intercambio de iones de manera que se reduzca la cantidad de sal que consume el dispositivo. La sección (4) trata de los procedimientos de control relacionados con la producción de agua blanda. Los apartados (6) y (7) se refieren a los requisitos de funcionamiento de los dispositivos. En el año 1998 se reafirma la prohibición del vertido de salmuera proveniente de ablandadores e intercambiadores iónicos al alcantarillado y cursos de agua. La ordenanza de Prohibición de Descarga de Salmuera en Fuentes de Agua, establece un límite de 4.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, además del requerimiento de manejar la salmuera de manera segregada. Descargas al alcantarillado público solamente son posibles si la empresa sanitaria tomó medidas de protección de la contaminación de los cursos de agua o si descarga a través de un emisario submarino. Prohíbe la venta de intercambiadores iónicos de uso doméstico.

Otras regulaciones clave se han añadido en las dos décadas más recientes: La Ley de Incorporación Municipal de Aguas y Alcantarillado (Municipal Water and Sewage Incorporation Law) del año 2001 exige a las autoridades locales y a los municipios que establezcan corporaciones públicas para gestionar los servicios locales de abastecimiento de agua y alcantarillado, con el fin de mejorar el rendimiento y promover la asociación de servicios en empresas regionales. Dos reglamentos de salud pública establecen normas de calidad para las aguas reclamadas (Sewage Effluents Quality Standards and Sewage Treatment Rules, 2010) y la Ley de Calidad del Agua Potable (Sanitary Quality of Drinking Water Law, 2013). (Marín et al. 2017:8-10)

De acuerdo a los Sewage Effluents Quality Standards and Sewage Treatment Rules, la mayoría de las aguas servidas debe someterse a un tratamiento terciario, con requisitos más estrictos en cuanto a la calidad de las aguas residuales tratadas para permitir el riego de una gama más amplia de cultivos con aguas residuales, a la vez que se protege la salud pública (incluyendo, por primera vez, requisitos de salinidad y concentración de metales tóxicos). Sólo se permite el tratamiento secundario de las pequeñas PTAS (con capacidad inferior a 5.000 habitantes equivalentes). Una característica fundamental de la nueva normativa sobre aguas reclamadas es que divide el país en múltiples zonas en función de las características geográficas e hidrológicas. De este modo cada subregión está sujeta a diferentes normas de reutilización. (Marín et al. 2017:20)

Las descargas al mar cuentan con regulación propia, que incluye las descargas de las plantas desaladoras. A todas corresponde obtener un permiso de descarga al mar del comité interministerial para la emisión de permisos de descarga de efluentes al mar. La Ley para la Prevención de la Contaminación Marina de Fuentes Terrestres del año 1988 y su reglamento, implementan las disposiciones del Protocolo LBS (Fuentes y Actividades Terrestres) del Convenio de Barcelona para la Conservación del Mediterráneo (1976) y prohíben la descarga de aguas residuales o desperdicio en el mar sin un permiso. En Israel se distinguen tres mares, el Mar Mediterráneo, el Mar Rojo (Golfo de Eilat) y el Mar Muerto. La Unidad Nacional de Protección Ambiental Marina supervisa alrededor de 120 instalaciones de varios sectores que cuentan con un permiso de descarga al mar, incluyendo las plantas desaladoras. (MMA, 2021)

Legislación sobre residuos sólidos

La ordenanza sobre uso y disposición de lodos (Water Regulations - Use and Disposal of Sludge, 5764-2004) solamente aplica a lodos provenientes de PTAS (excluyendo residuos del pre-tratamiento). Determina la calidad de lodos clase A o B, en función de parámetros higiénicos y permite su aplicación a diferentes tipos de suelos, en función de su uso. Limita además la concentración máxima de metales pesados que estos lodos puedan contener. Esta ordenanza no es aplicable a lodos provenientes de PTAP.

3.6.3 Normativa técnica

Asociación de Empresas Municipales de Servicios Básicos (Municipal Utilities Association - MUA)

Los decepcionantes resultados de los departamentos municipales de agua y alcantarillado a principios de la década del 2000 impulsó al gobierno a llevar a cabo una ambiciosa reforma de los servicios de agua y saneamiento en los últimos 15 años. La ley aprobada en 2001, bajo los auspicios del Ministerio del Interior (como responsable de la regulación de los municipios y las autoridades locales), ordenó a los gobiernos locales a crear corporaciones públicas para gestionar los servicios locales de abastecimiento de agua. Los avances iniciales fueron lentos hasta que en el año 2009 la responsabilidad de la Asociación de Empresas Municipales de Servicios Básicos, encargada de supervisar los servicios de agua potable y saneamiento, fue transferida del Ministerio del Interior a la Autoridad israelí del Agua. A partir de ese momento, la MUA ha desempeñado un papel proactivo para ayudar a las empresas de agua y saneamiento israelíes a mejorar su gobernanza y su funcionamiento general. Reconociendo que muchos servicios públicos locales carecen de capacidad técnica, la MUA ha estado publicando de forma periódica orientaciones técnicas sobre cuestiones operativas. La publicación periódica de normas detalladas ha sido una herramienta importante para mejorar la eficiencia de los servicios de agua. Estas incluyen, entre otras, directrices salariales (2008), informes (2010), residuos industriales (2013), el servicio al cliente (2015) y las normas de ingeniería (2016). Algunas de las directrices técnicas y los objetivos de los indicadores clave de rendimiento son obligatorios, y su incumplimiento puede dar lugar a sanciones. (Marín et al. 2017)

3.7 República de Singapur

Singapur es país más pequeño del Sudeste Asiático y con una superficie de apenas 730 km² es considerado una ciudad-Estado. La superficie es similar a la Provincia de Santiago (descontando las zonas rurales de comunas como Lo Barnechea). Está situado al sur del estado de Johor (península de Malasia) y al norte de las islas Riau (Indonesia), separado de estas por el estrecho de Singapur. Su territorio ha crecido constantemente con tierras ganadas al mar. En Singapur viven aproximadamente 5,7 millones de habitantes, con lo cual la densidad poblacional se eleva a 7.800 hab/km².

Clima

Singapur tiene un clima ecuatorial sin estaciones distinguibles, con temperaturas uniformes, humedad alta y lluvias abundantes. Los meses de abril y mayo son los meses más calurosos, con la temporada más húmeda de noviembre a enero.

Actividades Económicas Predominantes

Singapur es uno de los 10 países más ricos del mundo en términos de PIB per cápita (aprox. 66.000 USD). Posee una economía de mercado libre, próspera, caracterizada por un entorno abierto. Junto con Hong Kong, Corea del Sur y Taiwan, se considera Singapur como uno de los

“cuatro tigres asiáticos”. El rápido desarrollo económico y social de Singapur se ha dilucidado como modelo económico de Singapur. La economía depende principalmente de las exportaciones y el refinamiento de importaciones, particularmente las del sector electrónico e industrial. El sector manufacturero se ha diversificado a los sectores de la química, el refinamiento de petróleo, la ingeniería mecánica y las ciencias biomédicas, entre otros. El país es un importante centro financiero internacional y cuenta con el cuarto mercado de divisas más grande del mundo. El sector terciario (servicios) aporta 73% al PIB, el sector secundario (industrial) un 27%. El sector primario no es relevante en el país, prácticamente no tiene agricultura.

3.7.1 Caracterización del sector sanitario

Con un terreno limitado para recoger y almacenar aguas lluvias, Singapur se enfrentó a sequías, inundaciones y contaminación del agua en tiempos de colonia británica y en los primeros años de la independencia. Las precipitaciones anuales son del orden de 2.150 mm, lo cual resulta en una disponibilidad total anual de $1,5 \cdot 10^9$ m³. Estos retos inspiraron a Singapur a elaborar estrategias y buscar ideas innovadoras, desarrollar capacidades y asegurar un suministro sostenible de agua. En la actualidad, Singapur cuenta con un suministro de agua sólido y diversificado, conocido como los "cuatro grifos nacionales". Las fuentes de suministro de agua comprenden (según PUB, 2018a):

- Agua de captación local (principalmente aguas lluvias que se captan y se embalsan)
- Agua importada desde estado malasio de Johor (hasta 250 mgd / 10^6 m³/d)
- Agua reclamada altamente purificada (mediante ultrafiltración y osmosis inversa) conocida como NEWater (hasta el 40% de la demanda)
- Agua desalinizada (100 mgd, hasta el 25% de la demanda)

La demanda de agua total de 430 mgd ($2 \cdot 10^6$ m³/d) se divide entre demanda doméstica (45%) y demanda no-doméstica (55%). El consumo residencial per cápita es del orden de 141 L/hab/d. Se puede observar que la demanda corresponde aproximadamente al 50% de la oferta en términos de aguas lluvias.

Los límites máximos permisibles en las descargas de efluentes a aguas superficiales continentales en Singapur son los siguientes:

Tabla N°3.17:
Límites máximos permisibles en las descargas de efluentes a aguas superficiales continentales en Singapur

Fuente: Environmental Protection and Management (Trade Effluent) Regulations

Parámetro	Descarga a cursos de agua no controlados	Descarga a cursos de agua controlados
pH	6,0-9,0	6,0-9,0
Temperatura	45°C	45°C
Alcalinidad (carbonato de calcio)	2.000 mg/L	2.000 mg/L
Sólidos suspendidos totales	50 mg/L	30 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	50 mg/L	20 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (en 5 días)	100 mg/L	60 mg/L
Aceites y grasas	10 mg/L	1 mg/L
Aceites y grasas (hidrocarburos)	10 mg/L	
Sólidos disueltos totales		1.000 mg/L
Cloro libre	1 mg/L	1 mg/L
Fosfatos	5 mg/L	2 mg/L
Nitratos		20 mg/L
Calcio		150 mg/L
Magnesio		150 mg/L
Color	7 Unidades Lovibond	7 Unidades Lovibond
Cloruros		250 mg/L
Sulfatos		200 mg/L
Sulfuros	0,2 mg/L	0,2 mg/L
Cianuro	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Detergentes (SAAM)	15 mg/L	5 mg/L
Arsénico	0,1 mg/L	0,01 mg/L
Bario	2 mg/L	1 mg/L
Estaño		5 mg/L
Hierro	10 mg/L	1 mg/L
Berilio		0,5 mg/L
Boro	5 mg/L	0,5 mg/L
Manganeso	5 mg/L	0,5 mg/L
Fenoles	0,5 mg/L	ausentes
Cadmio	0,1 mg/L	0,003 mg/L
Cromo total	1 mg/L	0,05 mg/L
Cobre	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Plomo	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Mercurio	0,05 mg/L	0,001 mg/L
Níquel	1 mg/L	0,1 mg/L
Selenio	0,5 mg/L	0,01 mg/L
Plata	0,1 mg/L	0,1 mg/L
Zinc	1 mg/L	0,5 mg/L

Las descargas al alcantarillado público están reguladas por los Sewerage and Drainage (Trade Effluent) Regulations, en base al Sewerage and Drainage Act (capítulo 294, secciones 72 y 74).

Los límites máximos permisibles en las descargas de efluentes al alcantarillado público corresponden a los siguientes:

Tabla N°3.18:

Límites máximos permisibles en las descargas de efluentes al alcantarillado público en Singapur

Fuente: Sewerage and Drainage (Trade Effluent) Regulations

Parámetro	Descarga al alcantarillado
pH	6.0-9.0
Temperatura	45°C
Alcalinidad (carbonato de calcio)	2.000 mg/L
Sólidos suspendidos totales	400 mg/L (6.000 mg/L con convenio)
Demanda Química de Oxígeno	600 mg/L (10.000 mg/L con convenio)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (en 5 días)	400 mg/L (6.000 mg/L con convenio)
Aceites y grasas	100 mg/L
Aceites y grasas (hidrocarburos)	60 mg/L
Sólidos disueltos totales	3.000 mg/L
Cloruros	1.000 mg/L
Sulfatos	1.000 mg/L
Sulfuros	1 mg/L
Cianuro	2 mg/L
Detergentes	30 mg/L
Arsénico	5 mg/L
Bario	10 mg/L
Estaño	10 mg/L
Hierro	50 mg/L
Berilio	5 mg/L
Boro	5 mg/L
Manganeso	10 mg/L
Fenoles	0,5 mg/L
Fluoruros	15 mg/L
Cadmio	1 mg/L
Cromo total	5 mg/L
Cobre	5 mg/L
Plomo	5 mg/L
Mercurio	0,5 mg/L
Níquel	10 mg/L
Selenio	10 mg/L
Plata	5 mg/L
Zinc	10 mg/L

Legislación sobre residuos sólidos

La normativa general sobre manejo de residuos son los Environmental Public Health (General Waste Collection) Regulations, que se dictaron en base al Environmental Public Health Act (Capítulo 95, sección 113). Esta normativa no menciona los residuos provenientes de PTAP, solamente hace referencia de residuos o lodos provenientes de sistemas de alcantarillado o plantas de tratamiento de aguas servidas. En este sentido, eventualmente calificarían como residuos clase C, caso contrario serían residuos clase D (residuos peligrosos o tóxicos). No aparecen en el listado de residuos reciclables del Anexo D.

En todo caso, los residuos provenientes de PTAP no son considerados residuos tóxicos, por no estar mencionados en el Anexo de los Environmental Public Health (Toxic Industrial Waste) Regulations, que se dictaron en base al Environmental Public Health Act (Capítulo 95, sección 113).

Tampoco son residuos peligrosos, por no estar mencionados en el Anexo de los Environmental Protection and Management (Hazardous Substances) Regulations, que fueron dictadas en base al Environmental Protection and Management Act (Capítulo 94A, sección 77).

3.7.3 Normativa técnica

Es la misma empresa sanitaria de Singapur (Singapore's National Water Agency) que establece los estándares técnicos relevantes en el país.

3.7.4 Ejecución en la práctica

Dentro de la empresa de servicios sanitarios, dos de los principales flujos de residuos son los lodos generados por las PTAP y las plantas de tratamiento de aguas residuales. Mientras que los últimos están siendo incinerados, los lodos de PTAP son dispuestos en conjunto con las cenizas en el único relleno sanitario del país. Entre ambos, representan alrededor del 6% del total de los residuos llevados a relleno sanitario en Singapur. Sin embargo, el país dispone de un espacio limitado para la eliminación de residuos. El relleno sanitario de Semakau se ubica en el mar a ocho kilómetros de la costa y fue inaugurado en 1999. (PUB, 2021b:27)

Figura N°3.4:
Foto aérea relleno sanitario de Semakau, Singapur

Fuente: bmt.org



La empresa sanitaria entonces está realizando intentos de reducción en la generación de residuos y aumento de la reutilización y recuperación de recursos, siempre que sea posible. Estas iniciativas incluyen el uso de coagulantes alternativos para el tratamiento del agua con el fin de reducir los lodos generados por las PTAP, la gasificación de escorias a alta temperatura para producir escorias para materiales de relleno de construcción y recuperación de tierras, entre otras alternativas para la reducción del lodo biológico de las PTAS. En cuanto a los flujos de residuos líquidos, los vertidos de efluentes de las plantas desalinizadoras, las plantas NEWater y las plantas de reclamación de aguas tratadas no deberían afectar negativamente a la calidad de las aguas marinas circundantes. Para ello, la empresa sanitaria lleva a cabo un control rutinario de la calidad de los efluentes para garantizar que la calidad cumple con la normativa. (PUB, 2021b:27)

3.8 Confederación de Canadá

Canadá se encuentra ubicada en Norte América. Limita geográficamente con el Océano Ártico al Norte; con Alaska al Noroeste; los Estados Unidos al Sur; el Océano Atlántico al Este; y el Océano Pacífico al Oeste. Posee una superficie de casi 10 millones km² y su población se estimó al año 2021 en alrededor de 38 millones de habitantes, lo cual da una densidad poblacional baja, de apenas 4 hab/km². El país es miembro de la OCDE.

Clima

El inmenso tamaño de Canadá permite experimentar un amplio rango de climas desde las cálidas y húmedas costas del Pacífico y la más fría y brumosa costa del Atlántico, hasta las islas del helado Ártico norte. Sin embargo, puede afirmarse que en la mayor parte del territorio canadiense es posible apreciar las cuatro estaciones, con características más o menos similares en todo el país.

Actividades Económicas Predominantes

Las industrias como la forestal, minería, energía, agricultura y pesca, son las fuentes principales de empleo y riqueza. Las que posicionan a Canadá como un exportador neto de productos básicos y energía. De hecho, gran parte de las exportaciones de Canadá se derivan de sus abundantes recursos naturales: minerales (hierro, níquel, zinc, cobre, oro, plomo, elementos de tierras raras, molibdeno, potasio, diamantes, plata, carbón), energéticos (petróleo, gas natural y energía hidroeléctrica), forestales (madera) y la pesca. El PIB per cápita se eleva a casi 50.000 USD. Aportan al PIB el sector terciario (66%), la industria (32%) y la agricultura (2%).

3.8.1 Caracterización del sector sanitario

Canadá alberga 7% de las reservas mundiales de agua dulce, casi el 12% del territorio está cubierto por agua. Las precipitaciones suman alrededor de 5.500 km³ y la oferta de agua es del orden de 2.800 km³, la segunda más alta del planeta. En el año 2009 se extraían 38 km³ de agua desde fuentes superficiales y subterráneas. El 80% (31 km³) correspondía a usos industriales, principalmente no consuntivos y de enfriamiento en plantas termoeléctricas (69%, 26 km³). El 12,6% correspondía a los servicios de suministro de agua potable (4,8 km³), que suministran al 86% de los hogares canadienses. El tercer consumidor es la industria, seguido por la agricultura, la minería y la industria de petróleo y gas. Con 3.100 L/hab/d, Canadá tiene los usos de agua per cápita más altos de la OCDE. (AHK, 2014)

Es interesante que el uso de aguas subterráneas para la producción de agua potable está aumentando en los últimos años. En el año 2019, del total de los 4,87 km³ extraídos, 4,28 km³ (88%) correspondían a aguas superficiales y solamente 0,48 km³ (10%) a agua subterráneas. 0,10 km³ (2%) corresponde a aguas subterráneas, que son directamente influenciadas por aguas superficiales. (Statistics Canadá, 2021a)

Aproximadamente el 85% de la población (32,5 millones) recibe agua potable de empresas sanitarias, de las cuales 28,3 millones desde fuentes de aguas superficiales y 3,4 millones desde fuentes de aguas subterráneas (Statistics Canadá, 2021c). Se observa una cierta tendencia del incremento del uso de aguas superficiales, sobre todo de los grandes lagos.

Los consumidores de agua potable son los siguientes:

Tabla N°3.19:

Consumidores de agua potable en Canadá para el año 2019

Fuente: Statistics Canadá (2021d)

Consumidor	Volumen [km ³]	Participación
Consumidores residenciales	2,47	51%
Comercio, Industria, Usos públicos	1,35	28%
Pérdidas en el sistema de distribución	0,86	18%
Otros	0,18	3%
Total general	4,87	100%

Es interesante que solamente el 72% de los hogares del país cuenta con medidores de agua. En municipios con pocos medidores se acostumbra el cobro mediante una tarifa plana. El consumo promedio en estas comunas es de 376 L/hab/d, mientras que en las comunas con tarifa por agua consumida, el consumo es de 229 L/hab/d. (AHK, 2014)

En Canadá hay más de 4.000 PTAP, y la mayoría son de tecnologías de tratamiento convencionales, que ocupan sedimentación, coagulación-floculación, filtración y desinfección. Dos tercios de los canadienses se abastecen con agua potable que se trató de esta manera. Las aguas subterráneas frecuentemente solo se desinfectan, sin filtración. El 16% corresponde a esta tecnología. El 8% de los canadienses se abastecen a través de plantas que ocupan tecnología de membranas y un 8% de otras tecnologías. (AHK, 2014) En relación al tratamiento, el 96% del agua potable se clora; 97% cuando proviene de fuentes superficiales y 89% cuando proviene de aguas subterráneas. (Statistics Canadá, 2021b)

En la siguiente tabla se indican los destinos de las descargas de RILes de la industria manufacturera canadiense.

Tabla N°3.20:

Descargas de RILes de la industria manufacturera en Canadá para el año 2017

Fuente: Statistics Canadá (2021e)

Destino	Volumen [km ³]
Alcantarillado público	0,28
Aguas superficiales	2,40
Aguas subterráneas	0,02
Estuarios	0,41
Otros	0,08
Total general	3,20

En tanto, el tipo de tratamiento aplicado en la industria manufacturera es el siguiente:

Tabla N°3.21:

Tratamiento de RILes de la industria manufacturera en Canadá para el año 2017

Fuente: Statistics Canadá (2021f)

Tipo de tratamiento	Volumen [km ³]
Ningún tipo de tratamiento	1,18
Tratamiento primario	0,63
Tratamiento secundario	1,24
Tratamiento terciario	0,15
Total general	3,20

Por otro lado, los tratamientos aplicados en las PTAS canadienses son los siguientes:

Tabla N°3.22:

Tratamientos en PTAS en Canadá para el año 2017

Fuente: Statistics Canadá (2021g)

Tipo de tratamiento	Volumen [km ³]
Ningún tipo de tratamiento	0,11
Tratamiento primario	1,51
Tratamiento secundario	1,54
Tratamiento secundario y eliminación de fósforo	1,28
Tratamiento terciario	1,44
Total general	5,91

Las plantas de tratamiento de agua y de aguas residuales son, en su mayoría, propiedad de los municipios y las ciudades o están gestionadas por ellos. No obstante, hay algunas empresas privadas que lo hacen por encargo de las municipalidades o que poseen plantas propias. (AHK, 2014)

Provincia de Ontario

La provincia de Ontario cuenta con un total de 680 PTAP, de las cuales 467 son de propiedad del sector público y están gestionadas por él, y en su mayoría abastecen a zonas de captación con una población de 100 a 10.000 habitantes. Las excepciones son los pueblos pequeños y aislados y las conurbaciones de las ciudades de Toronto, Halton-Peel, York-Durham, Ottawa, Hamilton, Londres y Guelph. Adicionalmente, la Crown Corporation Ontario Clean Water Agency es responsable del suministro de agua en Ontario. Es uno de los mayores operadores independientes norteamericanos de instalaciones de suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales. Opera y mantiene 160 PTAP. Con ello, proporciona agua potable a unas tres millones de personas. Además, otras 53 plantas son operadas y gestionadas por empresas privadas.

3.8.2 Normativa

Canadá es un Estado Federal, lo que significa que los diferentes niveles de gobierno (federal, provincial, municipal) tienen diferentes áreas de competencia. En cuanto a la gestión del agua y las aguas residuales, las áreas de competencia se dividen de la siguiente manera: A nivel federal, se toman decisiones para la protección y conservación de los océanos y sus afluentes, para la pesca y la navegación. Además, las responsabilidades del gobierno canadiense incluyen la gestión de las reservas y parques federales (entre otros), los dos territorios de Nunavut y los Territorios del Noroeste, y las relaciones internacionales, que se refieren principalmente a las aguas fronterizas con Estados Unidos. Las provincias canadienses y el Territorio del Yukón son los principales responsables de la gestión y protección del agua. Sin embargo, la mayoría de las provincias delegan ciertas responsabilidades en los municipios. Así, las decisiones sobre el tratamiento y la distribución del agua potable, como también el tratamiento y la eliminación de las aguas residuales, se toman a nivel municipal. (AHK, 2014)

Legislación sobre agua (Federal)

La Ley del Agua de Canadá (Canada Water Act) prevé la consulta conjunta entre el gobierno federal y los gobiernos provinciales en asuntos relacionados con los recursos hídricos. Los proyectos conjuntos implican la regulación, el reparto, la supervisión o el estudio de los recursos hídricos, así como la planificación previa, la planificación o la aplicación de programas de recursos hídricos sostenibles.

La normativa federal que regula las descargas de PTAS y sistemas de alcantarillado es el Wastewater Systems Effluent Regulations, que se dictaron en base a la Ley de Pesca (Fisheries Act). No aplica a descarga directa de RILes a cuerpos de agua y tampoco a sistemas de alcantarillado al cual se descargan un caudal inferior a 100 m³/d. Los cuatro parámetros normados son los siguientes:

- DBO₅ (con inhibición de la nitrificación): 25 mg/L
- Sólidos suspendidos totales: 25 mg/L
- Cloro libre residual: 0,02 mg/L
- Amoníaco: 1,25 mg/L

Environment and Climate Change Canadá (2019) entrega un reporte de cumplimiento de esta normativa.

Legislación sobre agua (Ontario)

Tal como se ha señalado muchas regulaciones se establecen a nivel de las provincias. Para efectos del presente estudio se revisan las regulaciones de la provincia de Ontario que alberga casi el 40% de la población de Canadá.

La descarga de cualquier agua residual generada en una PTAP (por ejemplo, el agua de lavado de filtros u otros residuos del proceso) es un aspecto del impacto ambiental de un sistema de agua potable, y debe abordarse en todas las etapas de funcionamiento del establecimiento, modificación o ampliación de un sistema de agua potable. Un análisis de este aspecto del impacto ambiental implicaría el establecimiento de criterios de efluentes aceptables para la Oficina Regional del Ministerio correspondiente, y una evaluación de la capacidad del sistema de gestión de residuos propuesto para operar dentro de los criterios. Todo efluente descargado en aguas superficiales o en el suelo se considera una descarga de aguas residuales. Según el Safe Drinking Water Act (SDWA), las instalaciones relacionadas con la gestión de los residuos del proceso de tratamiento del agua y la descarga del efluente de la instalación al medio ambiente forman parte del sistema de agua potable. Por este motivo, cuando la red de agua potable está sujeta a los requisitos de la SDWA en materia de descarga y licencias de funcionamiento, dichas instalaciones se evalúan y aprueban junto con la red de agua potable, y no necesitan obtener una aprobación por separado en virtud del artículo 53 de la Ontario Water Resources Act como obras de alcantarillado.

Los requisitos a la descarga de efluentes en la provincia de Ontario se determinan con arreglo a las disposiciones del Procedimiento B-1-1: "Gestión del agua - Directrices y procedimientos del Ministerio de Medio Ambiente y Energía (El "Libro Azul")" (Water Management-- Guidelines and Procedures of the Ministry of Environment and Energy (The "Blue Book")). De acuerdo con los procedimientos descritos en dicha publicación, los requisitos de los efluentes se establecen caso a caso teniendo en cuenta las características del cuerpo receptor, así como los reglamentos y procedimientos federales y provinciales sobre efluentes, en su caso. Para las descargas de las obras de tratamiento de aguas residuales municipales y privadas, se aplica la jurisdicción provincial, excepto para las instalaciones federales. Las instalaciones federales están cubiertas por las directrices sobre efluentes, "Directrices sobre la calidad de los efluentes y el tratamiento de las aguas residuales en los establecimientos federales". Normalmente, el gobierno federal consulta a la provincia para asegurarse de que los efluentes de las plantas federales sean coherentes con las políticas provinciales. La directriz F-5 adopta el enfoque de que todas las obras de tratamiento de aguas residuales deben proporcionar un tratamiento secundario o equivalente como nivel "normal" de tratamiento, a menos que los estudios de evaluación de las aguas receptoras individuales indiquen la necesidad de niveles de tratamiento más altos. Al establecer el nivel "normal" de tratamiento como secundario, se han tenido en cuenta varios factores, entre ellos la minimización de los efectos adversos para la salud y el medio ambiente, las molestias estéticas y los efectos tóxicos de los vertidos de efluentes procedentes de zonas muy pobladas a los ríos y arroyos o a las zonas litorales de los lagos donde se produce un uso y reutilización intensivos del agua; la minimización de las posibles interferencias de los vertidos de efluentes con otros usos del agua posibilidad de que en el futuro se impongan requisitos más estrictos de eliminación de fósforo y la capacidad de los procesos de tratamiento secundario de las aguas residuales para cumplir dichos requisitos; costo adicional relativamente bajo y beneficios adicionales significativos del tratamiento secundario con respecto al tratamiento primario en cuanto a la eliminación de contaminantes convencionales y, potencialmente, la eliminación de trazas orgánicas peligrosas. De este modo, la directriz F-5 sugiere los siguientes límites permisibles:

- DBO₅: 25-30 mg/L
- SST: 25-40 mg/L

El tratamiento de aguas residuales en la provincia de Ontario se rige por la Ley de Recursos Hídricos de Ontario (Ontario Water Resources Act). Las descargas de los residuos industriales están reguladas por la Ley de Protección del Medio Ambiente (Environmental Protection Act).

Nuevamente, la directiva B-1 (Deriving Receiving Water Based Point Source Effluent Requirements for Ontario Waters) en su capítulo 5 indica que *“Los límites máximos permisibles en la descarga de los efluentes que son estipulados en los permisos de aprobación y otros instrumentos legales son requisitos legalmente exigibles que se basan en la tecnología de tratamiento alcanzable o en los requisitos de calidad del agua ambiental específicos del lugar de descarga (por ejemplo, los objetivos provinciales de calidad del agua).”*

Probablemente el documento más importante en relación a las PTAP son los Lineamientos de Diseño de Sistemas de Agua Potable (Design Guidelines for Drinking-Water Systems). Este documento se dirigió a los ingenieros encargados de diseñar los sistemas de agua potable, a los ingenieros del ministerio encargados de revisar y aprobar los diseños de dichos sistemas y a los municipios/propietarios de los sistemas de agua potable. Este conjunto de documentos fue preparado bajo la dirección del Grupo de Trabajo Técnico de Agua Potable del Ministerio de Medio Ambiente de Ontario y ha sido revisado por varias dependencias del Ministerio de Medio Ambiente de Ontario y partes externas interesadas. El capítulo 11 de este documento trata del manejo de los residuos sólidos y líquidos.

Indica que la mayoría de los residuos producidos por una PTAP requerirán tratamiento. El grado de tratamiento necesario dependerá de la vía de disposición, o, en el caso de la descarga al medio ambiente, por la capacidad de asimilación del cuerpo receptor (aguas superficiales o subterráneas). Los criterios de calidad de los efluentes para su vertido al medio ambiente deben establecerse mediante consulta con la Oficina Regional del Ministerio correspondiente. En el caso de los flujos de aguas residuales regulados por los límites de calidad de los vertidos [especificados en los requisitos como Permiso de Autorización, el Permiso de Obras de Agua Potable (Drinking Water Works Permit - DWWP) / la Autorización Municipal de Agua Potable (Licencia) o la Ordenanza de Uso de Alcantarillado], se recomienda disponer de dispositivos de control del proceso adecuados para que los operadores puedan reaccionar ante las alteraciones del proceso de tratamiento de aguas residuales. Los diseñadores deben revisar los criterios de efluentes de aguas residuales pertinentes para la instalación y diseñar los procesos de tratamiento de aguas residuales para cumplir con dichos requisitos. Algunos aspectos relevantes son los siguientes:

- Lodos de sedimentación/clarificación pueden ser deshidratados, o bien, descargados al alcantarillado, con el acuerdo del operador del alcantarillado y de la PTAS (punto 11.2.1);
- Lo mismo aplica para lodos químicos del retrolavado de las unidades de filtración. En caso de capacidades reducidas, los lodos deben ser clarificados y el sobrenadante descargado al alcantarillado público o bien a aguas superficiales (punto 11.2.2);
- Para la recirculación de las aguas provenientes del lavado hacia el inicio del sistema de tratamiento, se deben tomar precauciones para evitar sobrecarga de patógenos (e.g. filtración por membranas o desinfección) (punto 11.2.2.1);
- El rechazo de tratamientos de filtración por membranas normalmente podrá ser descargado directamente a aguas superficiales, siempre y cuando no haya sido alterado químicamente. Caso contrario deberían ser descargados al alcantarillado público, al igual que las aguas de lavado químico, enjuague y otros. (punto 11.2.3);
- Los lodos de sistemas de remoción de hierro y manganeso pueden ser descargado al alcantarillado público. En caso de sedimentación, el sobrenadante puede ser recirculado al inicio del tratamiento. (punto 11.2.4);

- Aguas de regeneración de sistemas de intercambio iónico u otras salmueras pueden ser descargadas al alcantarillado público siempre y cuando el impacto sobre el proceso de tratamiento de aguas servidas sea nulo. Caso contrario debe ser dispuesto de otra manera. (punto 11.2.5).

Legislación sobre residuos sólidos (Ontario)

En concordancia con los Lineamientos de Diseño de Sistemas de Agua Potable (Design Guidelines for Drinking-Water Systems) existen las siguientes vías de disposición de residuos sólidos provenientes de las PTAP:

- Lodos de PTAP pueden eventualmente ser utilizados como acondicionador orgánico de suelos (punto 11.3.2);
- En caso de disposición en relleno sanitario deben estar deshidratados y presentar una consistencia adecuada (punto 11.3.3).

3.8.3 Normativa técnica

Las regulaciones en ocasiones hacen referencia a normativa técnica, tales como de la American Waterworks Association (AWWA), tales como el reporte "Water Treatment Plant Residuals Engineering (Project #2934)" de Fundación de Investigación de la AWWA (del año 2006).

Otras instituciones relevantes son las siguientes:

Canadian Water and Wastewater Association (CWWA)

La CWWA fue fundada en el año 1986 por la Federación de Municipalidades Canadienses y empresas líderes del sector. La CWWA es un organismo nacional sin ánimo de lucro que representa los intereses comunes de los servicios municipales de agua y aguas residuales del sector público de Canadá y de sus proveedores y socios del sector privado. La CWWA está reconocida por el gobierno federal y los organismos nacionales como la voz nacional de este sector de servicios públicos.

Ontario Municipal Water Association (OMWA)

La Asociación Municipal del Agua de Ontario (OMWA) representa a más de 180 municipios y autoridades públicas de agua potable de Ontario, que prestan servicio a más de siete millones de clientes. La OMWA está orientada a la acción para garantizar la mejor seguridad, calidad, fiabilidad y sostenibilidad del agua potable en Ontario. Dentro de sus objetivos se encuentran los siguientes:

- Actuar como la voz de las autoridades de suministro de agua de propiedad municipal de Ontario y de sus clientes;
- Promover el desarrollo de una política sólida y la garantía de altos estándares de tratamiento, infraestructura, operaciones y gestión general para un suministro de agua municipal seguro, fiable y de alta calidad;
- Trabajar con todos los niveles de gobierno, sus organismos y otras asociaciones para mantener fuentes de suministro seguras, adecuadas y sostenibles, controlar la contaminación y utilizar eficazmente los suministros públicos de agua potable en toda la provincia;
- Incluir las aguas residuales, el agua reciclada y las aguas pluviales en nuestro enfoque de "un agua";

- Representar a las autoridades de abastecimiento de agua de propiedad municipal de Ontario y a sus clientes en todas las revisiones legislativas y asuntos reglamentarios relacionados con el abastecimiento de agua municipal.

3.9 Estados Unidos Mexicanos

México limita al norte con los Estados Unidos de América, al sureste con Belice y Guatemala, al oriente con el golfo de México y el mar Caribe y al poniente con el océano Pacífico. La superficie de México es de 1.972.000 km² y la cantidad de habitantes al año 2020 es de alrededor 126 millones. La densidad poblacional por lo tanto es de 61 hab./km². México es miembro de la OCDE.

Clima

En México es posible encontrar climas fríos de alta montaña a unos cuantos centenares de kilómetros de los climas más calurosos de la llanura costera. El más notable por sus variaciones es el clima del estado de Durango, donde se dan las temperaturas más bajas del país, que llegan en ocasiones a los -26 °C, y las más altas en el desierto de Mexicali, Baja California que en ocasiones supera los 50 °C. La zona cálida lluviosa comprende la llanura costera baja del Golfo de México y del Pacífico. El clima templado sub-húmedo o semiseco alcanza temperaturas que oscilan entre los 10 y los 20 °C y presenta precipitaciones no mayores a los 1.000 mm anuales. Dos terceras partes del territorio se consideran áridas o semiáridas, con precipitaciones menores a los 500 mm/año, mientras que una tercera parte, el sureste, es húmedo, con precipitaciones anuales que superan los 2.000 mm/año. En la mayor parte del territorio la lluvia es más intensa en verano, principalmente de tipo torrencial. A una altitud superior a 1.500 metros, la presencia de este clima depende de la latitud de la región. En las áreas con este tipo de clima, las heladas son una constante que se presenta cada año, así también la presencia de aguanieve y nevadas anuales que suelen ser más comunes en el norte del país y en las zonas montañosas.

Actividades Económicas Predominantes

Las actividades primarias mexicanas son variadas, gracias a la diversidad de climas del país, en donde se cultivan una gran variedad de productos agrícolas principalmente: caña de azúcar, maíz, sorgo, naranja, trigo, plátano, jitomate, chile verde, limón, mango y papa. La ganadería es uno de los más importantes sectores económicos de México, éste sector está liderado por la cría de aves, vacas (ganado bovino) y cerdos (ganado porcino). En el año 2017, la aportación del sector agrícola, ganadero, aprovechamiento forestal, pesca y caza al PIB fue de 3,6% (Inegi, 2017).

Los minerales más producidos son oro, plata, plomo, cobre, zinc, hierro, plomo, cobre, zinc y molibdeno, carbón, coque, fierro y manganeso, entre otros. El petróleo es de gran importancia para la economía, en el año 2006 sus ventas representaron cerca del 10% del PIB, en la actualidad produce 3,8 millones de barriles diarios. El PIB per cápita es del orden de USD 21.000.

3.9.1 Caracterización del sector sanitario

México recibe aproximadamente 1.450 km³/año de agua en forma de precipitación. De esta agua, se estima que el 73% se evapotranspira, el 21% se convierte en escorrentía, y el 6% restante se infiltra al subsuelo. Tomando en cuenta los flujos de salida (exportaciones) y de entrada (importaciones) de agua con los países vecinos, el país anualmente cuenta con 452 km³ de agua dulce renovable. CONAGUA (2018)

El mayor volumen concesionado para usos consuntivos lo representa el uso agrupado agrícola con un 76%, principalmente para riego, debido a que México es uno de los países con mayor infraestructura de riego en el mundo (CONAGUA, 2018:77). A continuación se muestra una tabla con los usos de agua consuntivos según la fuente.

Tabla N°3.23:
Consumidores de agua en México

Fuente: CONAGUA (2018:77)

Consumidor	Aguas superficiales [km ³]	Aguas subterráneas [km ³]	Total [km ³]	Participación [%]
Agrícola	42,5	24,3	66,8	76,0%
Abastecimiento público	5,3	7,4	12,7	14,4%
Industria autoabastecida	2,0	2,2	4,2	4,9%
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3,7	0,5	4,1	4,7%
Total general	53,5	34,4	87,9	100%

El año 2017 el 61% del agua utilizada para uso consuntivo provino de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 39% restante corresponde a fuentes subterráneas CONAGUA (2018).

En el uso agrupado abastecimiento público, la fuente predominante es la subterránea con el 58% del volumen. Sin perjuicio a lo anterior, del año 2008 al 2017 el agua superficial asignada para este uso aumentó un 19%. (CONAGUA, 2018:85)

La cobertura de agua potable en México es del orden del 95% (zona urbana 98%, zona rural 87%), mientras que la cobertura de alcantarillado y "saneamiento básico" (lo que incluye fosa sépticas) es alrededor del 93% (zona urbana 97%, zona rural 77%). (CONAGUA, 2018:116)

De acuerdo a CONAGUA (2018:123) en el año 2017 se potabilizaron 100 m³/s en las 932 plantas de tratamiento de agua potable en operación del país. Su capacidad instalada sin embargo es de 146 m³/s. Ese valor representa 3,2 km³, es decir el 25% de valor indicado para abastecimiento público. A la vez, considerado la población y la cobertura anteriormente indicada, este valor representaría una oferta de agua potabilizada de unos 70 L/hab/d, que es relativamente bajo.

Los principales procesos de potabilización en México son los que se muestran a continuación:

Tabla N°3.24:
Principales procesos de potabilización de aguas en México

Fuente: CONAGUA (2018:124)

Proceso central	Plantas	Participación	Agua potabilizada [m ³ /s]	Participación
Ablandamiento	19	2,0%	0,58	0,58%
Adsorción	3	0,3%	0,06	0,06%
Clarificación convencional	221	23,7%	60,87	60,79%
Clarificación de patente	163	17,5%	6,58	6,58%
Filtración directa	99	10,6%	19,68	19,66%
Filtración lenta	13	1,4%	0,10	0,10%
Filtros de carbón activado	33	3,5%	0,03	0,03%
Osmosis inversa	346	37,1%	2,15	2,15%
Remoción de hierro y manganeso	19	2,0%	1,84	1,84%
Otro	16	1,7%	0,21	0,21%
Total	932	100%	100,11	100%

Se puede observar un número relevante de PTOI, que sin embargo aportan solamente alrededor del 2% del volumen total potabilizado en el país.

La cantidad de aguas residuales municipales generada es del orden de 7,4 km³, equivalente a 235 m³/s. De ésta, se recolecta en los sistemas formales de alcantarillado municipales unos 6,8 km³, equivalente a 215 m³/s. Finalmente solamente 136 km³ son tratados en 2.526 PTAS municipales, equivalente a 135 m³/s. Aun así la cobertura de tratamiento se ha incrementado de manera importante en los últimos años. A su vez, existen 3.025 plantas de tratamiento de RILes, que tratan 83,7 m³/s de aguas residuales. (CONAGUA, 2018:125-128)

En relación al reuso, CONAGUA (2018:131) estima que el caudal de reuso directo (antes de la descarga) de aguas residuales tratadas es del orden de 40 m³/s.

No obstante lo anterior, los problemas locales asociados al agua pueden ser muy graves. Por ejemplo, al año 2012, la capacidad del sistema de alcantarillado de la Zona Metropolitana del Valle de México (ciudad de México y 60 municipios conurbados donde vive el 20% de la población mexicana) "sigue siendo insuficiente ya que su capacidad se ha reducido en un 30% con respecto a 1975, mientras que la población se ha duplicado. Dicha disminución en la capacidad del

alcantarillado se debe principalmente al constante hundimiento de la Ciudad de México, originado por la sobre explotación de acuíferos. Diariamente se extraen alrededor de 10,5 millones de metros cúbicos, recargando menos de la mitad de este volumen, lo que ha provocado que en los últimos 100 años la Ciudad de México se hunda más de diez metros". (Peña et al., 2013:28)

3.9.2 Normativa

La normativa en México se centra en la preocupación por las descargas de las aguas residuales y sus efectos al medio ambiente, la que ha dado lugar a leyes como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente publicada el 28 de enero de 1988 y la Ley de Aguas Nacionales (LAN) publicada el 1 de diciembre de 1992 y modificada y publicada en enero de 2020. Éstas establecen la necesidad de prevenir y controlar la contaminación del agua y proteger los recursos hídricos.

Legislación sobre agua

Específicamente, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) determina que la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas se realizará mediante títulos de concesión o asignación otorgados por el Ejecutivo Federal a través de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por medio de los Organismos de Cuenca. Para el vertido de aguas residuales, es necesario contar con un permiso de descarga expedido por esta misma institución (Artículo 20). Si bien no se requiere una concesión para el uso de aguas marinas, específicamente para uso en desalinización si se la debe obtener (Artículo 17).

La LAN en su artículo 3 define las "Condiciones Particulares de Descarga" de la siguiente forma: *"El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus niveles máximos permitidos en las descargas de agua residual, determinados por "la Comisión" o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias, para cada usuario, para un determinado uso o grupo de usuarios de un cuerpo receptor específico con el fin de conservar y controlar la calidad de las aguas conforme a la presente Ley y los reglamentos derivados de ella"*. Lo anterior abre la puerta de un abanico de condiciones de descarga, sea a nivel nacional, de cuenca o de instalaciones específicas. De hecho, el artículo 88 bis indica que se *"aplicará en primera instancia los límites máximos que establecen las condiciones particulares de descarga en lugar de la Norma Oficial Mexicana, para lo cual le notificará oportunamente al responsable de la descarga"*. Es interesante, que el mismo artículo establece que el titular de la descarga debe indicar a la autoridad competente *"los contaminantes presentes en las aguas residuales que generen por causa del proceso industrial o del servicio que vienen operando, y que no estuvieran considerados en las condiciones particulares de descarga fijadas"*. El artículo 87 indica que se *"determinará los parámetros que deberán cumplir las descargas, la capacidad de asimilación y dilución de los cuerpos de aguas nacionales y las cargas de contaminantes que éstos pueden recibir, así como las metas de calidad y los plazos para alcanzarlas"*. Lo anterior debe ser acompañado por a) una delimitación del cuerpo receptor clasificado; b) los parámetros que deberán cumplir las descargas; c) la capacidad de dilución del cuerpo de agua; y d) los límites máximos de descarga de los contaminantes analizados, base para fijar las condiciones particulares de descarga.

En caso de infracción en contra de estas condiciones, se puede revocar la concesión, también cuando se realiza la dilución de las aguas a descargar con la finalidad de cumplir con los niveles máximos permitidos (Artículo 29 bis 4). También existe la posibilidad de que se ordenase la suspensión de las actividades que den origen a las descargas de aguas residuales (Artículo 92).

Para descargas al alcantarillado público, la LAN indica en su artículo 91 bis que *"Las personas físicas o morales que descarguen aguas residuales a las redes de drenaje o alcantarillado,*

deberán cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas y, en su caso, con las condiciones particulares de descarga que emita el estado o el municipio". Lo anterior abre la opción a las empresas de servicios sanitarios en establecer sus propias normas de emisión para sus clientes industriales.

En el artículo 86 bis 2 se indica la prohibición de arrojar o depositar en los cuerpos receptores basura, materiales, lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales y demás desechos o residuos que por efecto de disolución o arrastre, contaminen las aguas de los cauces receptores.

En cuanto a la normativa de agua potable, se tiene la NOM-127-SSA1-1994 Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización, que establece los lineamientos para garantizar el abastecimiento de agua para uso y consumo humano con calidad adecuada. Esta norma establece límites permisibles de características bacteriológicas (coliformes fecales y coliformes totales); de características físicas y organolépticas; de características químicas (comprende 34 parámetros, tales como aluminio, arsénico y bario, entre otros), así como los métodos de tratamiento que se deben aplicar según los contaminantes encontrados. Sin embargo, no contempla requisitos a la descarga de los efluentes provenientes del tratamiento.

La principal normativa de descarga a aguas superficiales es la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. En el año 2021, luego de 25 años, se está tramitando una actualización, la cual se encuentra muy avanzada y aprobada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, aunque cuestionada y resistida por diversos sectores económicos (ver la opinión del Consejo Nacional Agropecuario: <https://cna.org.mx/nom-001-semarnat-2021/>). De hecho, aun no se ha publicado en el Diario Oficial de la Federación, por lo cual a la fecha no se encuentra vigente, razón por la cual se exhiben los contenidos de la norma vigente.

No obstante, las principales modificaciones se refieren a los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores de propiedad nacional. Con ello, los límites serán más estrictos.

- Se incorporan y regulan nuevos parámetros: Demanda Química de Oxígeno (DQO), toxicidad y color verdadero.
- Se establece 35 grados como temperatura máxima para las descargas en ríos
- Se incorporará el parámetro "Carbón Orgánico Total" para medir la carga orgánica de contaminante en aguas con una concentración mayor a 1.000 mg/l de cloruros.
- El parámetro de coliformes fecales será reemplazado por la determinación de *E.coli*.

Se modificará también la forma en la que se clasifican las descargas de agua residual, suprimiendo el uso del agua a descargar (i.e. riego agrícola, público urbano, etc.), enfocándose en la naturaleza del cuerpo receptor (i.e. ríos, arroyos, canales y drenes; embalses, lagos y lagunas; zonas marinas mexicanas y estuarios; y suelos).

Sin perjuicio de lo anterior, la norma en su versión del año 1996 establece algunas condiciones generales:

- Temperatura: 40 °C, a excepción de usos agrícolas, donde no se establece ningún límite;
- Materia flotante: ausente
- Aceites y Grasas: para todos los usos
 - Promedio diario: 25 mg/L

- Promedio mensual: 15 mg/L
- Sólidos sedimentables: para todos los usos
 - Promedio diario: 2 mL/L
 - Promedio mensual: 1 mL/L

Luego se indican diferentes tipos de descarga según tipo de cuerpo receptor (según clasificación de la a Ley Federal de Derechos) y uso de las aguas, tal como se detalla a continuación. Para todos los parámetros se fijan promedios diarios y promedios mensuales:

- Ríos (Aguas superficiales fluviales):
 - Uso en riego agrícola
 - Uso público urbano
 - Protección de vida acuática
- Embalses naturales y artificiales:
 - Uso en riego agrícola
 - Uso público urbano
- Aguas costeras:
 - Explotación pesquera, navegación y otros usos
 - Recreación
 - Estuarios
- Suelo:
 - Uso en riego agrícola
 - Humedales naturales

La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado como límite máximo permisible en las Tablas 2 y 3 de esta Norma Oficial Mexicana (ver tablas que siguen). El rango permisible del potencial hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades. Para determinar la contaminación por patógenos se tomará como indicador a los coliformes fecales. El límite máximo permisible para las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como las descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola) es de 1,000 y 2,000 NMP/100 mL para el promedio mensual y diario, respectivamente.

**Tabla N°3.25:**

Límites máximos permisibles para contaminantes básicos, en México

Notas:

P.D.: Promedio Diario

P.M.: Promedio Mensual

N.A.: No es aplicable

(A),(B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

PARÁMETROS	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO						
	Uso en riego agrícola (A)		Uso Público Urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		Estuarios (B)		Uso en riego agrícola (A)		Humedales naturales (B)		
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	
Temperatura °C (1)	N.A.	N.A.	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	N.A.	N.A.	40	40
Grasas y Aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	15	25	
Materia Flotante (3)	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	N.A.	N.A.	1	2	
Sólidos Suspendidos Totales	150	200	75	125	40	60	75	125	40	60	150	200	75	125	75	125	N.A.	N.A.	75	125	
Demanda Bioquímica de Oxígeno ₅	150	200	75	150	30	60	75	150	30	60	150	200	75	150	75	150	N.A.	N.A.	75	150	
Nitrógeno Total	40	60	40	60	15	25	40	60	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	15	25	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	

Tabla N°3.26:

Límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros, en México

Notas:

P.D.: Promedio Diario

P.M.: Promedio Mensual

N.A.: No es aplicable

(A),(B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos

Fuente: NOM-001-SEMARNAT-1996

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA METALES PESADOS Y CIANUROS																					
PARÁMETROS (*)	RÍOS						EMBALSES NATURALES Y ARTIFICIALES				AGUAS COSTERAS				SUELO						
	Uso en riego agrícola (A)		Uso público urbano (B)		Protección de vida acuática (C)		Uso en riego agrícola (B)		Uso público urbano (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Recreación (B)		ESTUARIOS (B)		Uso en riego agrícola (A)		HUMEDALES NATURALES (B)		
	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.	P.D.	P.M.
Arsénico	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	
Cadmio	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.4	0.1	0.2	0.05	0.1	0.1	0.2	
Cianuro	1.0	3.0	1.0	2.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	3.0	1.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4	6.0	4.0	6.0	
Cromo	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	1	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	
Mercurio	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	0.01	0.02	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01	0.005	0.01	
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	
Plomo	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	0.2	0.4	0.5	1	0.2	0.4	5	10	0.2	0.4	
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	

(*) Medidos de manera total.

P.D.= Promedio Diario, P.M.= Promedio Mensual; N.A.= No es aplicable

(A), (B) y (C): Tipo de Cuerpo Receptor según la Ley Federal de Derechos.

En relación a las descargas al alcantarillado público, la NOM-002-SEMARNAT-1996 establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Fue publicada el 3 de junio de 1998. Esta norma no es aplicable a descargas de aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado. Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal, no deben superar los siguientes límites.

Tabla N°3.27:

Límites máximos permisibles de contaminantes para las descargas de aguas residuales a los sistemas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal, en México

Fuente: NOM-002-SEMARNAT-1996

Tipo de reuso	Unidad	Promedio mensual	Promedio diario	Instantáneo
pH		No aplicable	No aplicable	5,5-10
Temperatura	°C	No aplicable	No aplicable	40
Aceites y Grasas	mg/L	50	75	100
Sólidos sedimentables	mL/L	5	7,5	10
Arsénico total	mg/L	0,5	0,75	1
Cadmio total	mg/L	0,5	0,75	1
Cianuro total	mg/L	1	1,5	2
Cobre total	mg/L	10	15	20
Cromo hexavalente	mg/L	0,5	0,75	1
Mercurio total	mg/L	0,01	0,015	0,02
Níquel total	mg/L	4	6	8
Plomo total	mg/L	1	1,5	2
Zinc total	mg/L	6	9	12

La Norma Oficial Mexicana NOM-003-Semarnat-1997, establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos. Fue publicada el 21 de septiembre de 1998. A continuación se indican los límites máximos:

Tabla N°3.28:

Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos, en México

Fuente: NOM-003-Semarnat-1997

Tipo de reuso	Coliformes fecales [NMP/100 mL]	Huevos de Helminto [h/L]	Aceites y Grasas [mg/L]	DBO ₅ [mg/L]	SST [mg/L]
Servicios al público con contacto directo	240	1	15	20	20
Servicios al público con contacto indirecto u ocasional	1.000	5	15	30	30

Mención aparte merecen dos normas mexicanas de la Comisión Nacional del Agua que tiene relación con la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada:

- NOM-014-CONAGUA-2003 - Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada.
- NOM-015-CONAGUA-2007 - Características y especificaciones de las obras y del agua para infiltración artificial a acuíferos.

La NOM-014-CONAGUA-2003 tiene por objetivo establecer los requisitos que deben cumplir: la calidad del agua, la operación y el monitoreo utilizados en los sistemas de recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada (Numeral 1). Para efectos de la norma, se entiende como agua residual “*las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas*” (Numeral 4.3). En el numeral 6.3 establece requisitos a la calidad del agua de recarga, dependiendo del tipo del sistema de recarga. Esencialmente, se solicita el cumplimiento de la NOM-127-SSA1-1994 (la norma de agua potable) en cuanto a los contaminantes regulados por esta norma y, adicionalmente, se establece un límite de DBO₅ de 30 mg/L y una COT de 16 mg/L para el caso de un sistema de recarga superficial o subsuperficial y un límite de COT de 1 mg/L para un sistema de recarga directo.

Legislación sobre residuos sólidos

La principal norma relevante para el presente estudio es la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, “Protección ambiental – Lodos y biosólidos – Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final”, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que fue publicada en el Diario Oficial el 15 de Agosto de 2003.

Incluye en su campo de aplicación no solamente los biosólidos o lodos provenientes de PTAS, sino también aquellos de las PTAP (Numeral 1.2). Ahora bien, la definición de “lodos” (“*Son sólidos con un contenido variable de humedad, provenientes del desazolve de los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, de las plantas potabilizadoras y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, que no han sido sometidos a procesos de estabilización*”), y “biosólidos” (“*Lodos que han sido sometidos a procesos de estabilización y que por su contenido de materia orgánica, nutrientes y características adquiridas después de su estabilización, puedan ser susceptibles de aprovechamiento*”) da a entender que los lodos provenientes de las PTAP difícilmente puedan clasificarse como “biosólidos”, y por lo tanto no aplican los criterios y requisitos de la norma sobre biosólidos. Por lo tanto no aplicarían, a priori, a los lodos provenientes de PTAP los límites máximos permisibles de la tabla 1 del numeral 4.6 (hace referencia solamente a biosólidos), sino aquellos para patógenos y parásitos de la tabla 2 del numeral 4.7 (que hace referencia a lodos y biosólidos):

Tabla N°3.29:
Límites máximos permitidos para patógenos y parásitos en lodos y biosólidos, México

Fuente: Numeral 4.7 NOM-004-SEMARNAT-2002

Clase	Indicador Bacteriológico de Contaminación	Patógenos		Parásitos
	Coliformes fecales NMP/g en base seca	Salmonella spp. NMP/g en base seca	Huevos de helmintos/g en base seca	
A	Menor de 1.000	Menor de 3	Menor de 1(a)	
B	Menor de 1.000	Menor de 3	Menor de 10	
C	Menor de 2.000.000	Menor de 300	Menor de 35	

El numeral 4.9 indica que “*la aplicación de los biosólidos en terrenos con fines agrícolas y mejoramiento de suelos se sujetará a lo establecido en la Ley Federal de Sanidad Vegetal y conforme a la normatividad vigente en la materia*”, lo cual excluye en una primera instancia esa opción para lodos provenientes de PTAP, mientras que no haya una “mezcla” adecuada.

Ahora bien, según el numeral 4.10, para la disposición final de los lodos y biosólidos, éstos no deben tener ninguna característica de peligrosidad y cumplir con los requisitos de lodos clase C.

Adicionalmente, se permite la mezcla de dos o más lotes de lodos o biosólidos, siempre y cuando ninguno de ellos esté clasificado como residuo peligroso y su mezcla resultante cumpla con lo establecido en la norma (Numeral 4.13). Lo anterior abre la posibilidad de mezclar lodos provenientes de PTAP con biosólidos.

El numeral 4.15 establece frecuencias de muestreo y análisis para los lodos (y biosólidos) en función del volumen de los lodos generados. En la mayoría de los casos de PTAP probablemente basta con un análisis una vez al año (para generación de hasta 1.500 ton/a base seca).

Pues bien, aparte de la disposición final y el uso para fines agrícolas, esta norma solamente considera el aprovechamiento de biosólidos conforme el numeral 4.8, en función del tipo y clase como se especifica a continuación:

Tabla N°3.30:
Requisitos de aprovechamiento de biosólidos en México

Fuente: Numeral 4.8 NOM-004-SEMARNAT-2002

Tipo	Clase	Aprovechamiento
Excelente	A	Usos urbanos con contacto público directo durante su aplicación Los establecidos para clase B y C
Excelente o Bueno	B	Usos urbanos sin contacto público directo durante su aplicación Los establecidos para clase C
Excelente o Bueno	C	Usos forestales Mejoramientos de suelos Usos agrícolas

Entonces, se entiende que los lodos provenientes de PTAP puedan tener aquellos fines de aprovechamiento, siempre y cuando haya mezcla con biosólidos y se tengan en cuenta todos los requisitos higiénicos, además de los límites máximos permisibles para metales pesados en biosólidos, conforme la tabla 1 del numeral 4.6 de la norma.

Tabla N°3.31:

Límites máximos permisibles para metales pesados en Biosólidos, Norma Mexicana

Contaminante (*)	Excelentes [mg/kg]	Buenos [mg/kg]
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1.200	3.000
Cobre	1.500	4.300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2.800	7.500

Notas:

(*) determinados en forma total

(**) en base seca

Fuente: Numeral 4.6 NOM-004-SEMARNAT-2002

3.9.3 Normativa técnica

Desde medianos del siglo XX, se acumulaban en México una serie de leyes y reglamentos que obligaban a los fabricantes o productores a cumplir un mínimo de características en la elaboración de sus productos. Fue en el año 1986, con la entrada de México en el Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT), cuando el Gobierno Federal se compromete a usar las recomendaciones de la Organización Internacional de Normalización (ISO) y de otros organismos internacionales para crear sus propios estándares. Para este fin, se crean dos organismos dentro del Gobierno Federal, el Centro Nacional de Metrología y la Dirección General de Normalización. Durante la década de los años 80 y 90, este organismo emite una serie de normas con base a recomendaciones que acabarían convirtiéndose en las NOM y NMX actuales.

- Normas Oficiales Mexicanas (NOM): Son regulaciones técnicas de uso obligatorio que establecen directrices, atributos y características de un producto, proceso, instalación, servicio o actividad para proteger la salud de las personas.
- Normas Mexicanas (NMX): Son un conjunto de regulaciones, de aplicación voluntaria, que establecen los requisitos mínimos de calidad de los productos y servicios, con el objetivo de proteger y orientar los consumidores. En el caso que una NMX se mencione en una NOM, la primera pasará a ser de aplicación obligatoria.

En este caso, se pueden mencionar las siguientes Normas Mexicanas que tengan relación con el sector de agua, las cuales sin embargo no son atingentes al estudio:

- NMX-AA-120-SCFI-2006 - Requisitos y especificaciones de sustentabilidad de calidad de playas.
- MX-AA-147-SCFI-2008 - Metodología de evaluación de las tarifas de agua potable, drenaje y saneamiento.
- NMX-AA-148-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la calidad de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la evaluación y la mejora del servicio a los usuarios.
- NMX-AA-149/1-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la prestación y evaluación de los servicios de agua residual.
- NMX-AA-149/2-SCFI-2008 - Metodología para evaluar la eficiencia de los prestadores de servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. Directrices para la prestación y evaluación de los servicios de agua potable.

3.10 Otros países

Si bien no fueron incluidos en el estudio, para algunos países se han encontrado referencias bibliográficas interesantes para los objetivos del presente estudio. Éstos se presentan a continuación, sin seguir la estructura de los capítulos anteriores.

3.10.1 Estados Unidos de América

Una publicación de Micklay (2006) estudia en detalle las regulaciones existentes en los diferentes Estados que forman los Estados Unidos de América. La Ley de Agua Limpia (Clean Water Act) estableció a nivel federal el programa del Sistema Nacional de Eliminación de Descargas Contaminantes (National Pollutant Discharge Elimination System - NPDES) para limitar los contaminantes que llegan a los arroyos, ríos y bahías. La administración del programa sin embargo recae en cada Estado Federal. EPA (2011) entrega un resumen de una serie de permisos de descarga basadas en el sistema de NPDES general e individual para una serie de estados.

Micklay (2006) además indica que muy pocos Estados Federales exigen una caracterización completa de las descargas de salmueras, razón por la cual solamente en el estado de Florida se han detectado problemas de toxicidad de algunos iones específicos. Si bien en este estado particular, las descargas aún son calificadas como “industriales”, se ha implementado una excepción para plantas de tratamiento de agua potable con una producción inferior a 227 m³/d (50.000 gpd). La calificación como “industrial” prohíbe la inyección a acuíferos profundos en muchos estados. También, en muchos estados no se hacen diferencias entre diferentes flujos generados en el proceso (ej. rechazo vs. retrolavado).

A continuación se presenta la participación de las diferentes soluciones de gestión de salmueras adoptados en Estados Unidos de América. Se observa que la descarga a aguas superficiales continentales es una solución ampliamente aceptada en este país.

Tabla N°3.32:
Alternativas de gestión
de salmueras en Estados
Unidos de América

Fuente: Zarzo (2017)

Soluciones de gestión de salmueras	Participación
Descarga superficial	45%
Descarga al mar	
Descarga al alcantarillado	27%
Inyección de acuíferos profundos	13%
Aplicación al terreno	8%
Lagunas de evaporación	5%
Vertido líquido cero	2%
Total general	100%

Virginia

Analizando como caso de estudio el Estado de Virginia, es el Departamento de Calidad Ambiental (Department of Environmental Quality – DEQ) el que administra el programa del Sistema de Eliminación de Descargas Contaminantes de Virginia. De este modo es el encargado de dar los permisos para la descarga a aguas superficiales a todas las fuentes puntuales. Las fuentes puntuales se clasifican en función del tipo de descarga y del volumen:

- Mayor: Aguas residuales con un volumen de diseño igual o superior a 1,0 millones de galones por día y vertidos industriales que requieren la revisión de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (Environmental Protection Agency - EPA).
- Menor: Comerciales, pequeñas industrias y aguas residuales de menos de 1,0 millones de galones por día.

- General: Normalmente pequeños volúmenes de contaminantes de baja potencia.

El Departamento de Calidad Ambiental emite permisos individuales para instalaciones municipales e industriales. Los requisitos de los permisos, las condiciones especiales, las limitaciones de los efluentes y los requisitos de control se determinan para cada instalación de forma específica para cumplir con las normas de calidad del agua aplicables. En cambio, los permisos generales se redactan para una clase general de descargas y se adoptan como reglamentos. De este modo, hay un reglamento que aplica a las plantas de tratamiento de agua potable, identificado como 9VAC25-860, es decir el Título 9 (Agencia Medioambiental) del Código Administrativo de Virginia, emitido por la Autoridad Estatal de Control del Agua (State Water Control Board), bajo el capítulo 860 (“Virginia Pollutant Discharge Elimination System General Permit for Potable Water Treatment Plants”).

De acuerdo a este reglamento, la norma de descarga para PTAP a aguas superficiales es la siguiente:

Tabla N°3.33a:

Norma de descarga de efluentes provenientes de PTAP tradicionales a aguas superficiales en Virginia (EE.UU.AA)

Fuente: Reglamento 9VAC25-860

Parámetro	Promedio mensual	Mínimo	Máximo	Frecuencia
Caudal (mgd)	No limita	No aplica	No limita	Cada 3 meses
pH	No aplica	6,0	9,0	Cada 3 meses
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	30	No aplica	60	Cada 3 meses
Cloro residual (mg/L)	0,011	No aplica	0,011	Cada 3 meses

Tabla N°3.33b:

Norma de descarga de efluentes provenientes de PTAP que utilicen osmosis inversa o nanofiltración a aguas superficiales en Virginia (EE.UU.AA)

Fuente: Reglamento 9VAC25-860

Parámetro	Promedio mensual	Mínimo	Máximo	Frecuencia
Caudal (mgd)	No limita	No aplica	No limita	Mensual
pH	No aplica	6,0	9,0	Mensual
Sólidos disueltos totales (mg/L)	No aplica	No aplica	No limita	Mensual
Oxígeno disuelto (mg/L)	No aplica	4,0	No aplica	Mensual

Tal como se ve en las tablas anteriores, en Virginia las exigencias a las descargas no son muy estrictas, en el caso de los tratamientos por membrana ni siquiera limitando el contenido de sólidos disueltos, lo cual claramente no restringe la descarga a aguas superficiales continentales.

Mississippi

De acuerdo a IFARLE (2012), el “Drinking Water Treatment Plant General Permit” del Estado de Mississippi fija las condiciones para obtener un permiso para descargar las aguas residuales de filtros y sedimentadores de plantas de tratamiento de agua potable. Entre otros, establece los siguientes límites para los contaminantes presentes en las descargas de PTAP.

Tabla N°3.34:

Norma de descarga de efluentes provenientes de PTAP a aguas superficiales en Mississippi (EE.UU.AA)

Fuente: Elaboración propia en base a IFARLE (2012) y el Drinking Water Treatment Plant General Permit

Parámetro	Promedio mensual	Mínimo diario	Máximo diario	Frecuencia
Hierro (mg/L)	No limita	No aplica	1	sin información
pH	No limita	6,0	9,0	sin información
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	30	No aplica	45	sin información
Cloro residual (mg/L)	0,011	No aplica	0,019	sin información

Idaho

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) propone expedir el Permiso General NPDES para la descarga de contaminantes desde las instalaciones de tratamiento de agua potable a las aguas de los Estados Unidos en Idaho. Con el fin de garantizar la protección de la calidad del agua y la salud humana, el Permiso General establece límites a los tipos y cantidades de contaminantes que pueden descargarse, así como otras condiciones para las instalaciones autorizadas a descargar en virtud del permiso. De este modo, los límites máximos permisibles son los siguientes:

Tabla N°3.35:

Norma de descarga de efluentes provenientes de PTAP a aguas superficiales en Idaho (EE.UU.AA)

Parámetro	Promedio mensual	Mínimo diario	Máximo diario	Frecuencia
Fósforo total (mg/L)	1,75	No aplica	3,5	anual (Julio)
pH	No limita	6,5	9,0	semanal
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	30	No aplica	45	mensual
Cloro residual (mg/L)	0,01	No aplica	0,02	semanal

Fuente: EPA (2016):
NPDES Fact Sheet
Idaho Drinking Water
Treatment Facilities
General Permit

Región 8 (Colorado, Massachusetts, North Dakota, South Dakota, Utah, Wyoming)

A continuación se presenta los límites máximos permisibles del Permiso General NPDES para la descarga de contaminantes desde las instalaciones de tratamiento de agua potable a las aguas de los Estados Unidos en la Región 8 de la EPA. No es aplicable a PTAP que utilicen ciertos procesos de membranas (nanofiltración y osmosis inversa), intercambio iónico y la oxidación con permanganato para la eliminación de hierro.

Los límites máximos permisibles son los siguientes:

Tabla N°3.36:

Norma de descarga de efluentes provenientes de PTAP a aguas superficiales en la región 8 de la EPA (EE.UU.AA)

Parámetro	Promedio mensual	Mínimo diario	Máximo diario	Frecuencia
Aluminio (mg/L)	0,087	No aplica	0,75	mensual
pH	No limita	6,5	9,0	semanal
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	30	No aplica	45	semanal
Cloro residual (mg/L)	0,011	No aplica	0,019	diario
Arsénico (vida acuática) (mg/L)	0,15	No aplica	0,34	mensual
Arsénico (salud humana) (mg/L)	No limita	No aplica	0,01	mensual
E. coli (UFC/100 mL)	126	No aplica	126	cada 3 meses
Coliformes fecales (UFC/100 mL)	200	No aplica	400	mensual
Hierro (mg/L)	No aplica	No aplica	1,0	cada 3 meses
Zinc (mg/L)	No aplica	No aplica	120	anual

Fuente: EPA Region 8
(sin año): NPDES Fact
Sheet General Permit for
the Discharge of Waste-
water from Potable Water
Treatment Plants

3.10.2 Australia

El agua cruda utilizada en Australia para la producción de agua potable proviene principalmente de fuentes de aguas superficiales, tal como indica la tabla que sigue:

Tabla N°3.37:

Fuentes de agua potable en Australia

Fuente	Participación
Aguas subterráneas	8%
Aguas superficiales	82%
Aguas reclamadas	6%
Aguas de mar	4%
Total general	100%

Fuente: Water Services
Association of Australia
(2020)

A continuación se presenta la participación de las diferentes soluciones de gestión de salmueras adoptados en Australia. Se observa que la descarga a aguas superficiales continentales es una solución ampliamente aceptada en este país.

Tabla N°3.38:
Alternativas de gestión de salmueras en Australia

Fuente: Zarzo (2017)

Soluciones de gestión de salmueras	Participación
Descarga superficial	48%
Descarga al mar	12%
Descarga al alcantarillado	17%
Inyección de acuíferos profundos	12%
Aplicación al terreno	9%
Lagunas de evaporación	
Vertido líquido cero	
Total general	100%

3.11 Resumen comparativo

En el presente capítulo se realiza una comparación general de los principales resultados de cada país revisado, lo que permitirá una mejor identificación de las brechas normativas que se desarrolla en el capítulo 4.

En primer lugar cabe destacar que en la mayoría de los países revisados, la responsabilidad de proveer los servicios sanitarios, en este caso, el servicio de agua potable, incluyendo la potabilización, es una tarea netamente pública, con la existencia de servicios o empresas públicas que son de propiedad municipal o estatal. En los países con alto déficit hídrico como Israel y Singapur, se trata de servicios altamente integrados en la administración pública, lo que les permite una gestión eficiente de los recursos hídricos. Generalmente, los servicios de pequeños y medianos municipios son públicos en todos los países. Los servicios de abastecimiento de agua potable en las grandes urbes de Canadá y España pueden ser proveídas por empresas privadas o empresas públicas, aunque en la mayoría de los países revisados también son públicas.

La explotación de fuentes de agua con fines de potabilización normalmente requiere de algún tipo de permiso, al igual que cualquier otro uso de agua. Destaca el caso de España, donde también las aguas de mar desalinizadas se convierten en dominio público. Lo anterior se regula de manera genérica en códigos de agua o leyes de gestión de recursos hídricos que rigen a nivel federal o estatal. Las fuentes de agua cruda utilizadas pueden variar considerablemente, dependiendo de la realidad en cada país. Consecuentemente, los requerimientos a los tipos de tratamiento empleados, así como los residuos sólidos y líquidos generados, también varían de manera considerable. Los tratamientos por membranas, específicamente por osmosis inversa para desalación de agua de mar juegan un rol importante en Israel y Singapur, donde son claves para el suministro de agua potable. De hecho, en Israel hay una jerarquización que privilegia el uso del agua para la producción de agua potable sobre otros fines. En México y España también hay un número importante de PTOI, pero su importancia es más bien local o regional y no nacional.

Aparte del permiso de uso de agua, también por lo general las PTAP requieren un permiso para su funcionamiento. Éstos son casi exclusivamente sectoriales. Puede haber excepciones para desaladoras que usan agua de mar (ej. España) o cuando se pretende extraer un volumen importante de aguas subterráneas, que se esté solicitando una evaluación del impacto ambiental (regulado a nivel comunitario en la Unión Europea).

En todos los países revisados existen requisitos a la calidad del agua potable. El origen normativo puede ser distinto, tal como grafican los siguientes ejemplos: En Alemania los requisitos derivan esencialmente de normativa sobre la salud (en este caso la prevención y control de enfermedades). En cambio, en Suiza la normativa se origina en leyes sobre la producción segura de alimentos. Se entiende por lo tanto que los diferentes orígenes pueden llevar a enfoques normativos diferentes. En los respectivos cuerpos normativos usualmente se definen también los tipos de tratamiento, los reactivos y materiales permitidos en las plantas de tratamiento de agua potable. No obstante, estas normativas generalmente no establecen requisitos específicos al manejo de los residuos líquidos y sólidos. Sin perjuicio de lo anterior, puede haber lineamientos

generales, tales como el requisito de emplear tecnologías de acuerdo al estado de arte y el requerimiento de minimizar el uso de reactivos y la generación de residuos. Ahora bien, se entiende que las PTAP deban cumplir con requisitos estrictos que permitan en primer lugar entregar el producto “agua potable” de manera sostenible y segura, siendo los lineamientos generales relativos al manejo de residuos subordinados a este fin.

Tal como se ha indicado, las normativas generalmente determinan lineamientos o requisitos generales pero no detallan los tratamientos específicos a aplicar en cada PTAP, y tampoco especifican qué manejo se le debe dar a los residuos. El estado de arte de ingeniería sanitaria frecuentemente es definido por asociaciones profesionales privadas, sin injerencia gubernamental ninguna, sobre todo en países europeos de larga trayectoria en la materia. No obstante, estas asociaciones profesionales (sobre todo en Alemania, Suiza y Austria) se nutren de las experiencias de miles de municipios que operan sistemas de potabilización, así como de los departamentos de ingeniería sanitaria de sus universidades (generalmente estatales), aparte de profesionales y empresas de ingeniería independientes. Evidentemente pueden existir casos como el de Canadá (Ontario), donde los lineamientos de diseño de sistemas de agua potable fueron preparados bajo el alero de un ministerio en colaboración con partes externas interesadas. En Israel y Singapur, cuestiones de planificación y diseño también recae en el ámbito público, debido a la alta integración de los servicios de suministro de agua potable en la administración pública.

Al igual que la extracción de agua, de la misma forma, las descargas de las plantas de tratamiento de agua potable normalmente requieren de algún permiso. Lo anterior no es exclusivo de PTAP, sino para cualquier tipo de descarga de “agua residual”, concepto bajo el cual normalmente se entiende cualquier agua que fue alterada en su composición natural (incluyendo aguas de enfriamiento y aguas lluvia que no infiltran pero generan escorrentía). Esta última definición en su expresión más estricta es de Suiza, pudiendo haber definiciones menos estrictas en otros países.

Aparte del permiso, las descargas también son objeto de requisitos adicionales que les aplican. La normativa aplicable a las descargas puede ser supranacional (ej. Unión Europea), nacional o federal, regional o local. En términos generales, la legislación prohíbe la descarga de residuos sólidos o de sustancias con alguna característica de peligrosidad al medio acuático (ej. Directiva 2006/11/CE de la U.E.). La naturaleza de las normas de emisión y de los límites máximos permisibles puede ser distinta. La tendencia a nivel internacional probablemente es una migración o complementación desde concentraciones máximas permisibles hacia límites más flexibles que tomen en cuenta la importancia de la descarga sobre la calidad del cuerpo receptor. De este modo, en Canadá (Ontario), puede haber una evaluación caso a caso, donde los límites máximos permisibles en la descarga de los efluentes que son estipulados en los permisos de aprobación y otros instrumentos legales son requisitos legalmente exigibles que se basan en la tecnología de tratamiento alcanzable o en los requisitos de calidad del agua ambiental específicos del lugar de descarga (por ejemplo, los objetivos provinciales de calidad del agua). Algo similar se evidenció en España, donde los límites no solo son de concentración, sino también pueden incluir el concepto de carga. La Unión Europea también tiene un enfoque de cuenca muy importante, con la Directiva 2000/60/CE que establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, incluyendo la reducción de la contaminación en las masas de agua y la garantía de un uso sostenible del agua. Por otro lado, se tienen los valores máximos permisibles que se definen por rubro y niveles de concentración razonablemente alcanzable. De este modo, en Alemania, Austria y en menor medida en Suiza se tiene una normativa general y varios requisitos específicos en términos de límites máximos permisibles para las descargas a aguas superficiales que dependen de cada industria. Estos dos primeros países son los únicos que cuentan con una norma de descarga particular y específica para PTAP. En el caso de Alemania, también establece el requisito que las aguas residuales provenientes de los retrolavados de filtros deben ser recirculadas al proceso de tratamiento. Las normativas de ambos países se entregan traducidas al

castellano en el Anexo C de este informe. En Suiza se aplica a norma general, solamente que para las aguas provenientes del retrolavado de filtros de PTAP se aplica un límite más permisivo para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales. Ahora bien, la normativa en estos países usualmente prevé excepciones individuales a las reglas generales y autorizaciones caso-a-caso para aquellos casos donde las tecnologías del estado de arte no permiten lograr un cumplimiento normativo.

En los demás países no se encontraron normas específicas aplicables a las descargas líquidas que se generan en las PTAP.

Sin perjuicio de lo anterior, usualmente las descargas se regulan al nivel administrativo más bajo posible. Para descargas indirectas al alcantarillado público por ejemplo, los responsables de autorizar las descargas son los operadores de los servicios, quienes, siendo servicios públicos, tienen la facultad de establecer los límites máximos permisibles en las descargas (ej. Alemania, España, Singapur). En Suiza hay una normativa general, pero con amplia libertad para la administración local de desviarse de los límites establecidos. Este país también es el único de los países revisados donde se prohíbe la infiltración de aguas residuales. De este modo, la descarga de efluentes (tratados) provenientes de PTAP con tecnología convencional generalmente es posible al alcantarillado público, pero también a aguas superficiales, donde generalmente se establecen límites en cuanto a los sólidos suspendidos o arsénico como principales contaminantes. La descarga al alcantarillado público de aguas de retrolavado o aguas con alto contenido de sólidos es posible en algunos países. Por ejemplo se permite en Canadá (Ontario), pero generalmente son los operadores del alcantarillado público quienes definen los criterios para la descarga. Además, hay que considerar que en varios países hay un requisito general de diseñar y operar las PTAP según el estado de arte, por lo cual pueden existir restricciones de evacuar aguas con alto contenido de sólidos no tratados.

Tal como se puede observar en la tabla que sigue, la descarga de efluentes con elevada salinidad no es posible en Israel y Singapur. En ambos países se está cuidando la salinidad en los cuerpos receptores y hay una alta tasa de agua reclamada. En Canadá (Ontario) la descarga no está permitida en aguas superficiales pero si al alcantarillado público. Los países europeos generalmente no regulan la salinidad en la descarga a aguas superficiales, pero los permisos se entregan caso a caso y en función de la calidad del cuerpo receptor. La descarga al alcantarillado público generalmente es posible.

Tabla N°3.39:
Opciones de descarga del rechazo en los países revisados

Fuente: Elaboración propia

País	Alcantarillado	Aguas superficiales
Alemania	Normalmente posible. Se define a nivel de empresa sanitaria / municipio	No hay regla general. Se define en función de la calidad del cuerpo receptor.
Austria	Normalmente posible	Se debe evaluar caso a caso
Suiza	Normalmente posible	Normalmente posible
España	Se define a nivel de empresa sanitaria / municipio	No hay regla general. Se define en función de la calidad del cuerpo receptor.
Israel	Solamente permitido con descarga final al mar	No permitido
Singapur	No posible, por límite de SDT	Solamente posible en cuerpos receptores que no son fuente para agua potable
Canadá (Ontario)	Posible	No permitido
México	Posible	Posible

No se ha encontrado ninguna normativa específica que limita las descargas de la salmuera al mar.

En relación al manejo de lodos y residuos sólidos provenientes de las PTAP tampoco se encontró normativa específica. Los destinos de estos residuos a menudo no se encuentran bien documentados, ya que generalmente son calificados como “no peligrosos” y por lo tanto se encuentran desafectados de un seguimiento más estricto. En Singapur, los residuos son

incinerados y posteriormente dispuestos en relleno sanitario. Lo anterior, debido al limitado espacio disponible en este estado. En Europa, la disposición final también es una realidad, pese a que los lineamientos generales privilegian la reutilización por sobre la disposición final. Hay que tener en consideración que el sector sanitario en los países revisados frecuentemente está bastante fragmentado, con servicios municipales a pequeña escala, donde la disposición final probablemente es la vía de eliminación más sencilla. Existen recomendaciones sobre las opciones de reutilización de lodos y residuos sólidos provenientes de PTAP, en específico se tradujo una norma técnica alemana al castellano (ver Anexo C). Los principales usos se refieren a PTAS y digestores para mejorar la eliminación de fósforo, arsénico o sulfhídrico. También existe la posibilidad de reutilización en la fabricación de cemento o en la renaturalización de suelos degradados y como material de cobertura en rellenos sanitarios, entre otros usos.

3.12 Traducción de normativas

Se han encontrado regulaciones específicas para las descargas de PTAP indirectas y directas a aguas continentales superficiales en Alemania y Austria.

Se ha acordado la traducción al español de los siguientes documentos:

Normativa

- Ordenanza Austriaca del Ministro Federal de Agricultura y Silvicultura sobre la limitación de las emisiones de aguas residuales procedentes del tratamiento del agua (Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Wasseraufbereitung / AEV Wasseraufbereitung)
- Ordenanza Alemana sobre Descarga de Aguas Residuales en Cuerpos de Agua (Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer / Abwasserverordnung – AbwV)

Guías técnicas alemanas (códigos de prácticas)

- DVGW W 221-3 (A) Parte 3: Minimización, utilización y eliminación
- DVGW W 221-4 (A) Parte 4: Uso de aguas de retrolavado proveniente de la purificación de agua potable

Dichas traducciones se entregan en el Anexo C de este informe.

4 Revisión de Resoluciones de Calificación Ambiental

En éste capítulo se presentan las revisiones de RCA de las plantas desalinizadoras y plantas de otras tecnologías de empresas sanitarias que cuenten con dicha calificación, con la finalidad de determinar las exigencias y compromisos ambientales respecto del manejo de sus residuos y lodos. A continuación se presenta los aspectos relevantes de la presente etapa:

- Revisión detallada de RCA.
- Comparación de las RCA con la normativa internacional.
- Determinación de brechas.
- Proposición de aspectos técnicamente factibles de implementar en el futuro.

4.1 Revisión detallada de RCA

En una primera instancia se realiza una la revisión detallada de RCA y/o expedientes de evaluación, donde se identifican los compromisos y exigencias respecto del manejo, disposición y/o reúso de los residuos líquidos y/o lodos generados en el proceso de producción.

Tabla N°4.1:
Expedientes de PTOI a
revisar

Fuente: Elaboración
propia

Región	Tipo de Planta	Nombre	Año Calificación	Expediente	Código de Obra	Estado (al 02/11/2021)
Arica y Parinacota	PTOI	Mejoramiento de Calidad del Agua Sistema de Producción Lluta Bajo Sistema de Abatimiento de Manganeseo y Fierro	2000	2446	10_501_01	Abandonado
Arica y Parinacota	PTOI	Aguas de Descarte en el Curso Bajo del Río Lluta	1999	1552	10_502_01	
Arica y Parinacota	PTOI	Ampliación de la Capacidad de Producción de Agua Potable en Arica; Captaciones Costeras Sondajes Lluta Bajo y Planta Desalinizadora	1997	38	10_502_01	
Arica y Parinacota	PTOI	PTAP Recinto Pago de Gómez	2011	6217200	10_502_02	
Tarapacá	PTOI	Planta Desaladora de Pisagua	2017	2131009490		No realizado
Tarapacá	PTOI	Planta abatidora de arsénico para el agua potable de Pisagua	2002	5967	80_501_01	
Antofagasta	PTOI	Ampliación Planta Desaladora Norte		2148759270	43034105001	Aprobado el 10/12/2021
Antofagasta	PTOI	Actualización y Ampliación Planta Desaladora La Chimba	2014	2128416027	43034105001	
Antofagasta	PTOI	Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta	2001	3951	43034105001	
Antofagasta	PTOI	Planta Desaladora Tocopilla	2016	2130243154		Construida en 2020
Atacama	PTOI	PTAP de Osmosis Inversa Planta Nantoco	2010	5012820		No realizado
Atacama	PTOI	PTAP de Osmosis Inversa Planta Placilla	2010	4628717	50202	
Atacama	PTOI	Planta de osmosis inversa para el agua potable de Diego de Almagro	2002	6093	50201	
Atacama	PTOI	Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama	2014	2130018787		Se encuentra construida

Lo anterior se refiere a residuos de los procesos propiamente tales, excluyendo residuos asimilables a domiciliarios. Los expedientes a revisar corresponden a aquellos que a continuación se indican, pudiendo haber proyectos de mejoramiento que aplican debidamente a la misma instalación. La revisión se realizar por separado entre PTOI y PTAP tradicionales y está focalizada en los requisitos de la RCA y, si éstas no contienen requisitos, la revisión de los documentos DIA o EIA más su respectivas Adenda.

Tabla N°4.2:
Expedientes de PTAP
tradicionales a revisar

Fuente: Elaboración
propia

Región	Tipo de Planta	Nombre	Año	Expediente	Código de Obra	Estado (al 02/11/2021)
Tarapacá	Tradicional	Sistema de Tratamiento de Agua Potable El Carmelo	2015	2131013104		
Tarapacá	Tradicional	Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Alto Hospicio, Región de Tarapacá (Sitio A)	2011	5480483		
Metropolitana	Tradicional	Implementación de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Agua Potable Reina Norte, Colina	2019	2135203783		No se encuentra operativa aún.
Metropolitana	Tradicional	Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Hacienda Batuco	2014	7822145		
Metropolitana	Tradicional	Planta de Tratamiento de Agua Potable Chamisero	2012	6089108	92105004	
Metropolitana	Tradicional	Planta de Agua Potable La Florida	1998	2049	076105006	
Los Lagos	Tradicional	Solución Sanitaria de Agua Potable y Aguas Servidas para la Concesión del Sector Panitao – ESSSI S.A.	2018	2132812956	PTAP-PANITAO-1	

4.1.1 Plantas de tratamiento por osmosis inversa

En la categoría de plantas de tratamiento por osmosis inversa hay 13 expedientes a revisar, algunos sin embargo se refieren a la misma instalación.

4.1.1.1 Arica – Desaladora Lluta (Expediente 38)

El proyecto “Ampliación de la Capacidad de Producción de Agua Potable en Arica; Captaciones Costeras Sondajes Lluta Bajo y Planta Desalinizadora” (N° expediente 38) del titular Aguas del Altiplano S.A. fue ingresado al SEIA en el año 1996 como EIA y recibió su calificación favorable el 16 de Septiembre del 1997 mediante RCA N°17/1997. Sin embargo, esta RCA no contiene ninguna medida específica sobre el manejo de eventuales residuos líquidos o sólidos. Esta RCA posteriormente fue modificada por Res. (E) 15/2000 del 20 de Enero del 2000, pero en compromisos ambientales que no tienen relación con residuos sólidos ni líquidos.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre “Desaladora Lluta” y el código de obra 10_502_01. De acuerdo a la NBI fue construida en 1997 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 208 L/s, utilizando como fuente agua salobre, con un porcentaje de descarte del 25%. El tratamiento previo consistiría en filtros de arena y filtros de cartucho.

Descripción del proyecto

El proyecto contempla construir y habilitar alrededor de 26 pozos en el valle del Bajo Lluta, además de seis sondajes costeros adicionales. El agua extraída será conducida por una cañería de 20 km de longitud hasta la Planta Desalinizadora, así como impulsada desde los sondajes hasta la planta. Inicialmente se contempló obtener un caudal total de 550 L/s de agua cruda y un caudal del 413 L/s de agua potable. (Extracto del EIA, Folio 000004 del expediente consolidado). Posteriormente, en Adenda, se rebajaron los caudales de diseño, indicando que la planta produciría 206 L/s de agua tratada, lo que mezclada con 69 L/s de agua pretratada permitiría obtener 275 L/s de agua potable (Adenda – Punto 1.5, Folio 000246 del expediente consolidado).

En relación a la PTOI se puede detallar que el proyecto considera un sistema de pre-filtración, un sistema de dosificación de ácido sulfúrico para el acondicionamiento del pH y de un anti-incrustante para inhibir la formación de núcleos de cristalización en el interior de las membranas. El rechazo se vierte a un desagüe. (EIA – Punto 3.3.3.1, Folio 000058 del expediente consolidado) Adicionalmente contempla una cloración previa como pre-tratamiento para evitar el biofouling y coagulación de partículas coloidales y su retención en filtros de arena de doble granulometría.

Tras la filtración y previo a los filtros de cartucho se procede a dosificar metabisulfito sódico para eliminar el cloro (Adenda – Punto 3.3.2 a), Folios 000250 y 000251 del expediente consolidado).

Manejo de residuos líquidos

Según la presentación inicial, la salmuera o rechazo de la planta de tratamiento (inicialmente de 128 a 137 L/s, bajando posteriormente a 80 L/s) sería evacuado al mar a través de una tubería de drenaje en la desembocadura del río Lluta (EIA – Puntos 1.2 y 1.4.3, Folios 000020 y 000030 del expediente consolidado). Al término de la tubería se construiría una cámara de descarga y un canal abierto por donde se verterá al mar el agua de rechazo (EIA – Punto 3.4.1.3, Folio 000061 del expediente consolidado). No obstante, el criterio fue cambiado durante el curso de la tramitación, indicando que el agua de descarte será descargada en el sistema de alcantarillado de Arica y no al mar. Igualmente, el titular hace presente, que la descarga de agua de lavado de plantas de agua potable no se encuentra sujeta al control de residuos industriales líquidos (según Ord. SISS N°639 del 14/04/1997). (Carta del titular de fecha 20 de Mayo de 1997, Folios 000230 y 000231 del expediente consolidado) De acuerdo a este ordinario la SISS se pronuncia sobre descargas de aguas de lavado, indicando que “no ha emitido ningún instructivo sobre la materia y tampoco se encuentra aplicando ninguna normativa, toda vez que la actividad mencionada no se encuentra sujeta al control de residuos industriales líquidos.” (Ord. SISS N°639 del 14/04/1997, Folio 0000232 del expediente consolidado).

En relación al lavado de los filtros de arena, se indica que el lavado se llevará a cabo con aire y agua y que para el lavado se utilizará la salmuera de rechazo a la salida de los bastidores. (Adenda – Punto 3.3.2 a), Folio 000250 del expediente consolidado). El agua de lavado de los filtros también se descarga en un colector para ser enviada al sistema de alcantarillado de Arica.

También se indicó como alternativa a la descarga la construcción de una laguna de infiltración y evaporación que se construiría en terrenos baldíos de sectores costeros, sin que fuese evaluada esta alternativa (Adenda del 13 de Marzo de 1997, Folio 000294 del expediente consolidado).

Manejo de residuos sólidos

No hay referencias en relación al manejo de residuos sólidos en el expediente revisado.

Monitoreo

No hay referencias en relación al monitoreo en el expediente revisado.

4.1.1.2 Arica – Manejo de las Aguas de Descarte de la Desaladora Lluta (Expediente 1552)

Tal como se ha evidenciado en la tramitación de la Planta Desaladora Lluta, el destino de las aguas de descarte fue un tema importante. A fines del año 1998, a poco más de un año de haber obtenido la RCA N°17/1997, el titular ingresa la DIA del proyecto “Aguas de Descarte en el Curso Bajo del Río Lluta” (N°expediente 1552), recibiendo la calificación favorable el 15 de Junio de 1999 mediante RCA N°37/1999. Este proyecto corresponde a una modificación del proyecto calificado mediante RCA N°17/1997. Ambas RCA no contienen requisitos que tengan relación con el manejo de residuos sólidos o líquidos. La motivación del proyecto se radica en que la descarga propuesta al sistema de alcantarillado de Arica nunca fue realizada. Desde Mayo de 1998, se descargaron las aguas de descarte en el río frente a la planta desalinizadora. (Adenda N°1 – Punto 3.9, folio 000062 del expediente consolidado, página 168 del archivo pdf).

Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción de la conducción de las aguas de descarte desde la planta de tratamiento hasta el sitio de descarga que se ubica en la ribera norte del río Lluta, a 81 m desde la línea de alta marea. (RCA N°37/1999 – Punto 3 de los considerando).

Manejo de residuos líquidos

Se reafirma un caudal de descarga de 80 L/s (DIA – Punto III.3.2, folio 0002 del expediente consolidado, página 10 del archivo pdf). También reafirma que el agua de descarte no es considerada un RIL (DIA – Anexo 3, folio 0002 del expediente consolidado, página 42 del archivo pdf). Aun así compara los resultados de análisis de las aguas de descarte con las concentraciones límite del Anteproyecto de Norma para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales (CONAMA) de aquel entonces.

Manejo de residuos sólidos

Se reafirma que el proyecto no generará residuos sólidos durante su operación (DIA – Punto III.3.3, folio 0002 del expediente consolidado, página 10 del archivo pdf).

Monitoreo

El titular asumió como compromiso voluntario a llevar a efecto un Plan de Monitoreo de diferentes componentes ambientales, incluyendo la calidad de agua del estuario en la desembocadura, específicamente monitorear con frecuencia estacional (cuatro monitoreos por año) los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, arsénico, boro, calcio, cianuro, cloruros, cobre, flúor, cromo hexavalente, hierro disuelto, manganeso, mercurio, plomo, selenio, sulfatos y nitrógeno total. También incluye el parámetro boro una vez que dicha norma de descarga se encuentre vigente. (RCA N°37/1999 – Tabla del Punto 4.1)

4.1.1.3 Arica – Mejoramiento Desaladora Lluta (Expediente 2446)

El proyecto “Mejoramiento de Calidad del Agua Sistema de Producción Lluta Bajo Sistema de Abatimiento de Manganeso y Fierro” (N° expediente 2446) del titular Aguas del Altiplano S.A. fue ingresado al SEIA en 1999 como DIA y recibió su calificación favorable el 30 de Junio del 2000 mediante RCA N°92/2000.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre “Abatidora de Fierro y Manganeso” y el código de obra 10_501_01. De acuerdo a la NBI fue construida en 2000, pero está en estado abandono con fecha 22 de Diciembre de 2015. El caudal de diseño fue de 100 L/s y el tratamiento consistió exclusivamente de un sistema de filtración con filtros en presión, sin contar con desarenador, coagulación/floculación, ni sedimentador.

Descripción del proyecto

De acuerdo a la RCA, el proyecto “*consiste en la implementación de un sistema para mejorar la calidad del agua del actual sistema de producción de agua potable existente en Lluta Bajo de Arica, intercalando un sistema de abatimiento de manganeso y fierro en el circuito hidráulico al interior del recinto de producción de la planta desalinizadora existente y cuyo punto de descarga se encuentra localizado a 81 metros sobre la línea de alta marea. (...) Las aguas a tratar corresponden a las que ingresan actualmente sin tratamiento, a través del by-pass correspondiente, como mezcla con el agua permeada producida por la planta desalinizadora existente. (...) Se implementará un sistema auxiliar de abatimiento de fierro y manganeso (...) El sistema que se implementará tratará un máximo de 98 L/s.*” (RCA N°92/2000 – Puntos 3 y 3.1) “Se considera un edificio de dosificación que albergue las dependencias de preparación y dosificación del oxidante y coagulante” RCA N°92/2000 – Punto 3.2.1 b) primera viñeta). Consecuentemente, el proceso de tratamiento está descrito por las siguiente etapas: Oxidación – Coagulación – Filtración en filtros a presión con lecho mixto de arena y antracita (y lavado de filtros). (RCA N°92/2000 – Punto 3.2.2)

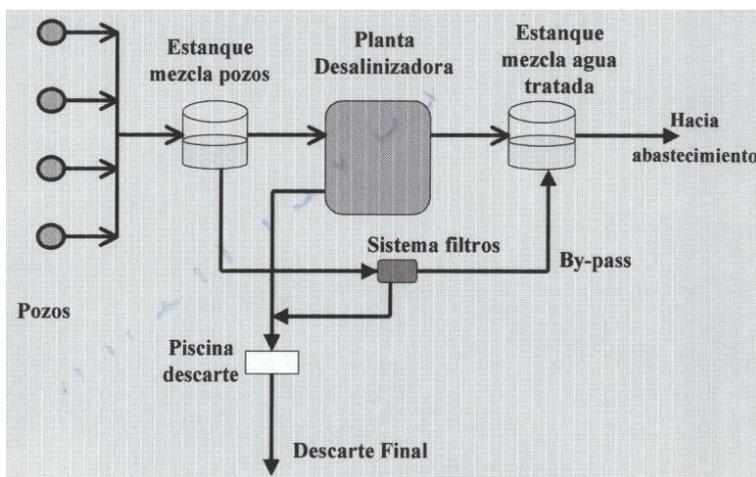
La oxidación se realiza con permanganato, con una solución del producto al 3,85%. Para la coagulación se utiliza cloruro férrico con una dosis de 5 mg/L de solución al 40%. (DIA – Punto II.2.2.3, Folio 000010 del expediente consolidado)

En relación al lavado de filtros, estos son de flujo descendiente, autolimpiantes, y para el lavado se utiliza agua cruda. Se tiene un caudal de lavado de 63 L/s por unidad (son seis unidades proyectadas) con un tiempo de lavado de 10 minutos. (DIA – Punto II.2.2.3, Folio 000009 del expediente consolidado) Es decir, se tendría un volumen de agua de lavado de aproximadamente 38 m³.

A continuación se presenta un esquema del sistema de tratamiento Lluta que incluye el sistema de filtros.

Figura N°4.1:
Esquema del sistema de
tratamiento Lluta

Fuente: Expediente
consolidado Folio 000021



Manejo de residuos líquidos

“El desagüe de las aguas de lavado de la planta se descargará a la piscina de descarte existente en el recinto, la que actualmente los desagües de la planta de osmosis inversa existente.” (RCA N°92/2000 – Punto 3.2.1 a) cuarta viñeta) Desde el punto de vista de la operación, el caudal del descarte aumenta en un 0,84% en condiciones de máxima producción y en periodo de lavado de filtros (Folio 000003 del expediente consolidado) Se estima una duración de la descarga de 10 minutos. La frecuencia sería discontinua, cada tres a cuatro días solamente (DIA – Punto III.1.2, Folio 000015 del expediente consolidado), en condiciones más desfavorables (Folio 000020 del expediente consolidado).

Se estimó que durante los lavados se produciría un aumento de la concentración de manganeso por sobre la concentración permitida de una norma para la descarga llamada “Límites máximos permitidos para la descarga de residuos líquidos a cuerpos fluviales sin capacidad de dilución.” con una concentración límite de 0,3 mg/L para el parámetro manganeso (DIA – Anexo, folio 000023 del expediente consolidado), citando como fuente de información a CONAMA. Sin embargo, en esa fecha aún no se encontraba vigente la Norma Técnica Provisoria SISS del 20 de Junio del 2000, sino la versión anterior, del año 1992 y donde ésta última, a diferencia de la versión del 2000, no limitaba el parámetro manganeso. Es probable que al referenciar CONAMA se refirió al Anteproyecto de Norma para la Regulación de Contaminantes asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales de aquel entonces, que también propuso un límite de 0,3 mg/L para manganeso. En todo caso, producto de la excedencia simulada en la concentración de este parámetro, se estableció que durante los periodos de lavado se procederá a cortar el vertido en la desembocadura al mar desde la piscina, hasta que en esta última se

restablezca su condición, lo cual se verificará mediante monitoreo y análisis correspondiente. (DIA – Anexo, folio 000024 del expediente consolidado)

La SISS se pronunció sobre las aguas de descarte mediante Ord. N°2928 del 29 de Noviembre de 1999, dando de entender que se entenderán como RILES a las aguas de descarte, según definición de la caracterización equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas (Folios 000086 y 000087 del expediente consolidado).

Manejo de residuos sólidos

Se indican que no se generan residuos sólidos a través del proyecto (DIA – Punto III.1.3, Folio 000015 del expediente consolidado), lo que se entiende ya que las aguas de lavado se descargarían con el descarte de la planta de osmosis.

Ante la consulta de la DGA sobre el destino final de los sólidos provenientes de la renovación de los filtros del sistema, se responde en el Adenda que éstos se disponen como escombros inertes en vertedero (Adenda – Respuesta a pregunta N°7, Folio 000114 del expediente consolidado).

Monitoreo

“El plan de monitoreo (...) corresponde a un complemento a lo estipulado en la Resolución Exenta N°37/99 que calificó favorablemente la DIA del proyecto “Aguas de Descartes en el Curso Bajo del Río Lluta” (...) (punto 4.1), por lo tanto, la complementación planteada es con especial consideración a los parámetros manganeso y hierro”. (RCA N°92/2000 – Punto 4.2)

Se establece un monitoreo de la calidad del agua en la desembocadura del río Lluta con frecuencia estacional (cuatro monitoreos por año) de los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, conductividad, temperatura, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, arsénico, boro, cadmio, cobre, flúor, cromo hexavalente, hierro, manganeso, mercurio, plomo, selenio, sulfatos, nitrógeno total y zinc. (RCA N°92/2000 – Tabla del Punto 4.2)

Adicionalmente se establece que *“las aguas de descarte y las aguas del cuerpo receptor serán monitoreadas en los meses de Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre”.* (RCA N°92/2000 – Punto 4.2.1)

También establece un monitoreo en moluscos con el objetivo de determinar el efecto de la bioacumulación de metales en moluscos filtradores presentes en el sector (RCA N°92/2000 – Punto 4.3).

4.1.1.4 Arica – Pago de Gómez (Expediente 6217200)

El proyecto “Planta de Tratamiento de Agua Potable Recinto Pago de Gómez, Arica” (N°expediente 6217200) del titular Aguas del Altiplano S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a fines del año 2011 y recibió su calificación favorable el 29 de Marzo del 2012 mediante RCA N°14/2012.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre “PTAP Pago de Gómez OI” y el código de obra 10_502_02. De acuerdo a la NBI fue construida en el año 2012 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 90 L/s con un porcentaje del caudal de descarte de 32%. El pre-tratamiento consistiría exclusivamente en filtro de cartucho.

Descripción del proyecto

El proyecto se motivó debido a la adecuación de la norma de agua potable NCh409/1.Of2005, específicamente en relación al contenido permitido de arsénico, considerando que las aguas crudas mezcladas en el recinto Pago de Gómez, exceden dichos límites. El proyecto consiste en la implementación de una planta de tratamiento en base a las tecnologías de Adsorción y de

Osmosis Inversa, que permitirá abatir el arsénico y sólidos disueltos totales presentes en el agua de forma natural, permitiendo la producción de agua potable que abastece a la ciudad de Arica dentro de norma. Cada tecnología tratará un parámetro específico (RCA N°14/2012 – Punto 3.3 de los Considerando):

- Primera etapa: una porción de las aguas serán tratadas a través de una planta de tratamiento en base a adsorción y cuyo objetivo es abatir el arsénico presente en las aguas. Específicamente, el arsénico adsorbido en el medio adsorbente, permanece en él en forma de arseniato de hierro. Éste es retirado de la resina por medio de retro-lavados. (RCA N°14/2012 – Punto 3.3.3 de los Considerando)
- Segunda etapa: una porción de las aguas serán tratadas a través de una planta de tratamiento en base a Osmosis Inversa, cuyo objetivo es disminuir la concentración de SDT presente en el agua. Esta etapa es un sistema pulidor de la primera y se utilizará en los periodos en que empeoren las calidades de los sondeos operativos y consecuentemente, los SDT superen los límites de la norma.

El sistema a implementar logrará producir 150 L/s de agua potable. Los productos químicos a utilizar durante la operación del proyecto son los siguientes: Hipoclorito de sodio al 10%, Metabisulfito de sodio, Cloruro Férrico al 33%, Anti-incrustante, Hidróxido de sodio y Ácido sulfúrico.

Manejo de residuos líquidos

El agua de retrolavado de los filtros de arsénico es enviada al sistema de filtración de aguas de retro-lavado y posteriormente re-inyectado al agua de alimentación de la planta. (RCA N°14/2012 – Punto 3.3.3 de los Considerando).

En relación a las aguas de rechazo, parte de éstas son utilizadas en el retrolavado de los filtros de arsénico. La parte restante es enviada a un estanque llamado Chuño, donde se mezcla con agua proveniente de la Desaladora Lluta y posteriormente dispuesta en su conjunto. Dado que la producción máxima de rechazo no sobrepasa los 10 L/s con un contenido relativamente bajo en arsénico (< 0,001 ppm), no se considera necesario tomar medidas adicionales para su tratamiento. (RCA N°14/2012 – Punto 3.3.3 inciso 2 de los Considerando)

En relación a los residuos líquidos, el punto 3.3.5.2 de los considerando indica que *“el proyecto en esta etapa no produce residuos líquidos adicionales a los generados por los trabajadores”* (RCA N°14/2012 – Punto 3.3.5.2 inciso b de los Considerando)

Manejo de residuos sólidos

Se estima una vida útil del medio adsorbente de arsénico de cinco a diez años. El medio filtrante a retirar se puede desechar como residuo no peligroso. (RCA N°14/2012 – Punto 3.3.3 de los Considerando) Se considera un recambio de las membranas cada tres años, las que serán dispuestas como residuo industrial no peligroso en relleno sanitario. (Adenda N°1 – Respuesta a pregunta 1.3)

En relación a los residuos sólidos, el sistema de filtración de los retrolavados de los filtros de arsénico no se encuentra descrito en ningún documento del expediente. La única referencia se encuentra en el Adenda N°1, en donde se indica que el proyecto realizará tratamiento de centrifugación a los lodos arsenicales. (Adenda N°1 – Respuesta a consulta 3.1 en relación al PAS del artículo 93)

El punto 3.3.5.2 de los considerando indica que se generan lodos arsenicales en una cantidad en base seca de 4.734 kg/a (13 kg/d) (base húmeda 10.520 kg/a con un contenido de humedad del 45%). A priori, éstos no son considerados residuos no peligrosos y, por lo tanto, serán enviados a

relleno sanitario. Lo anterior previo a un análisis de TCLP, que demuestren que efectivamente no constituyen residuos peligrosos, y de no ser así, estos residuos deben ser manejados como residuos peligrosos. La pulpa de lodos producida será acumulada en un contenedor hermético y se estima una frecuencia de retiro de cada cinco meses. (RCA N°14/2012 – Punto 3.3.5.2 inciso c de los Considerando, también Anexo 2 del Adenda N°1)

Monitoreo

La RCA N°14/2012 no establece requerimientos de monitoreo a los residuos líquidos o sólidos de ningún tipo.

4.1.1.5 Pisagua – Planta abatidora de arsénico (Expediente 5967)

El proyecto “Planta abatidora de arsénico para el agua potable de Pisagua” (N° expediente 5967) del titular Aguas del Altiplano S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a fines del 2002 y recibió su calificación favorable el 23 de Diciembre del 2002 mediante RCA N°201/2002

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre “Abatidora de Arsénico” y el código de obra 80_501_01. De acuerdo a la NBI fue construida en el año 2003 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 2,7 L/s. El tratamiento consistiría en coagulación-floculación, sedimentador y un sistema de filtración mediante filtros en presión.

Descripción del proyecto

El proyecto de instalación y operación de una Planta Abatidora de Arsénico tiene como objetivo abastecer a la población de Pisagua de Agua Potable cumpliendo la normativa de Agua Potable NCh409/1.Of2005. La planta utilizará la actual fuente de agua subterránea de Dolores, la que de acuerdo a la norma de agua potable actual presenta niveles sobre la norma en arsénico. Esta planta estará interconectada a la actual infraestructura de abastecimiento de agua de Pisagua. Y el tratamiento considerado consiste principalmente en utilizar un proceso de floculación y decantación, con capacidad para producir 180 m³/d de agua potable. (Capítulos 1.2, 1.3 y 2.2 de la DIA, Folios 000002 a 000004 del expediente consolidado).

El tratamiento consiste principalmente en utilizar un proceso de floculación y decantación mediante la adición de cal, sulfato férrico y cloro. Las etapas del proceso son las siguientes (según capítulo 2.2.3 de la DIA, folios 000004 a 000012 del expediente consolidado):

- Estanque de regulación de 50 m³
- Dosificación: El agua es bombeada al reactor de 30 m³, manteniendo un caudal constante de 10 m³/h. Se acondiciona con Hipoclorito de Sodio para oxidar el arsénico. Luego se dosifica Sulfato Férrico, para ayudar la floculación generada por la adición de Cal en la entrada del reactor.
- Precipitación y Decantación: Decantación del lodo con arsénico precipitado en el reactor. La purga de lodos será llevada a las canchas de secado.
- Sistema de Filtración: El agua clarificada rebalsada es acumulada en un estanque regulador para luego ser bombeada a un sistema de filtración de profundidad (dos unidades, operación 1+1). Su objetivo es de seguridad dado que retiene los flóculos que no sedimentan en el reactor.

Por las características de la planta se genera un tipo de descarte que son los lodos en el reactor abatidor de arsénico, y líquidos percolados que se recirculan al sistema, no se realizará descarte al medio, optimizando el uso del agua en el proceso.

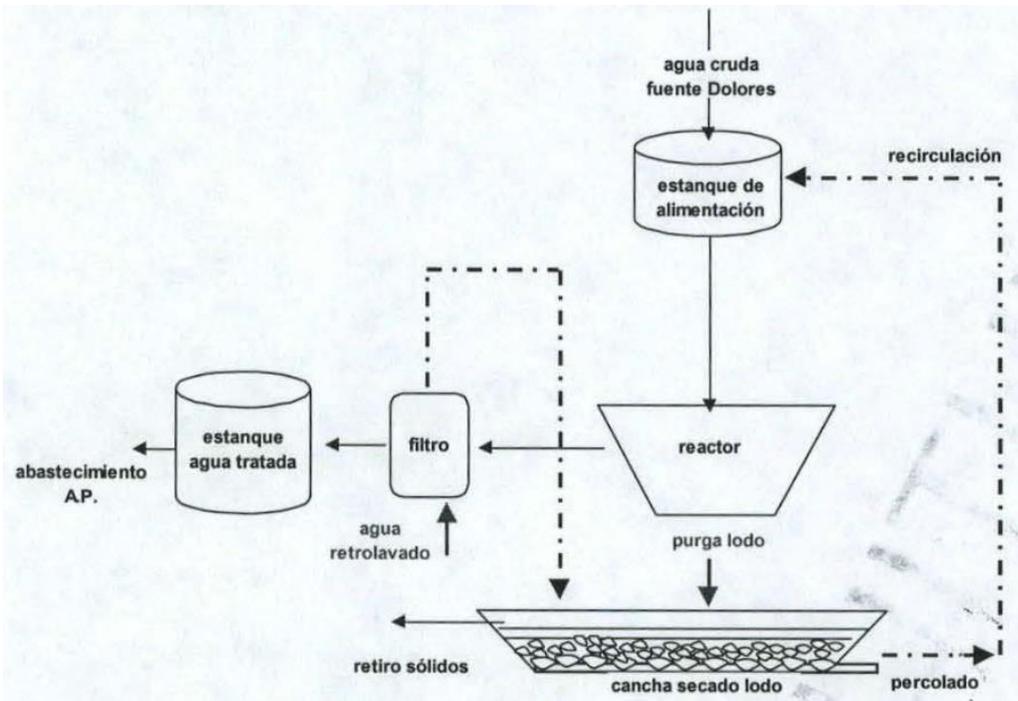
El lodo obtenido estará compuesto principalmente por un 5% de cal y una carga estimada como máxima de 230 gramos de Arsénico. Se estima una purga de lodos de 2 m³ de lodo húmedo al mes, correspondiente a 100 kg de masa seca.

Se estiman dos retrolavados de los filtros semanales. El agua se lleva a las canchas de secado y el líquido percolado se recircula y recupera para ingresar nuevamente al sistema. Para el proceso de recuperación de aguas se estima un 95% de eficiencia. Así, un equivalente al 5% del percolado en un mes (4,5 a 5 m³/mes). Se reutilizará en riego de áreas verdes o compactación de los terrenos del recinto.

La siguiente figura contiene un esquema de manejo de las aguas de proceso.

Figura N°4.2:
Esquema de manejo de las aguas de proceso proyecto planta abatidora de arsénico Pisagua

Fuente: Expediente consolidado Folio 000012



Manejo de residuos líquidos

Respecto al manejo de residuos líquidos (RILes), el titular indica que sí generará descarga de efluentes líquidos y que, *“de acuerdo a la modalidad de operación, existen descargas de agua de lavado y percolado, sin embargo estas son recuperadas al sistema, no existiendo descartes líquidos al medio”*. No obstante, de acuerdo a lo indicado en el punto 2.2.3 inciso F de la DIA, *“existe un 5% de las aguas percoladas que se utilizarán para riego de áreas verdes o compactación de terrenos del recinto”*. (Punto 3.2 DIA, folio 000015 del expediente consolidado)

Manejo de residuos sólidos

En relación al manejo de residuos sólidos (transporte y disposición de lodos), el titular del proyecto consideró lo siguiente (según RCA 201/2002, punto F):

- El lodo seco, será retirado cada seis (6) meses o en forma anual del recinto para su disposición final;
- El lodo se retirará en forma manual desde las áreas hacia los tambores en periodos estimados de cada dos meses, por personal pertinente, cumpliendo las medidas de seguridad;

- Para la disposición de los lodos. se emplearán los servicios de la empresa SOLENOR o HIDRONOR Chile S.A. en Santiago.

Monitoreo

La RCA 201/2002 no considera monitoreos a efluente líquidos y tampoco establece monitoreos a los lodos o residuos sólidos generados en el proceso.

4.1.1.6 Pisagua – Planta desaladora (Expediente 2131009490)

El proyecto “Planta Desaladora de Pisagua” (N° expediente 2131009490) del titular Aguas del Altiplano S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a fines del año 2015 y recibió su calificación favorable el 12 de Julio del 2017 mediante RCA N°47/2017.

No obstante lo anterior, el proyecto no ha sido ejecutado.

Descripción del proyecto

El proyecto contempla las obras requeridas para fortalecer el sistema de producción actual de agua potable, que se alimenta desde los pozos de Dolores ubicados en la Pampa del Tamarugal, distantes a 40 km de la localidad. De esta manera, se contará con la alternativa adicional de un sistema de desalinización de agua de mar mediante una Planta Desaladora, también denominada Planta de Tratamiento de Osmosis Inversa (PTOI). En el nuevo sistema, se mantendrán en uso las instalaciones de cloración, estanque y red de distribución del sistema existente (página 2 de RCA).

Las obras principales del proyecto corresponden a lo siguiente:

- Captación de agua de mar mediante una batería de pozos costeros (del orden de 8 L/s);
- Impulsión de agua cruda, mediante bombas sumergibles desde los pozos;
- Nueva planta desaladora o PTOI;
- Alimentación del estanque de agua potable existente en el recinto de Aguas del Altiplano (impulsada desde la PTOI hasta un estanque existente para su almacenamiento y posterior distribución);
- Tubería de descarte que conducirá el agua de rechazo (salmuera) de la planta hasta el mar. La planta desaladora, está diseñada para producir una cantidad aproximada de 4 L/s de agua tratada.

Las aguas de rechazo del proceso (salmuera) se conducirán por una tubería terrestre desde el sector alto a la zona de playa, y luego se descargarán gravitacionalmente al mar mediante un emisario submarino de 70 m de longitud aproximadamente (respecto de línea de baja marea), cuyos últimos 5 metros corresponden a un difusor, que se adentrará hasta la cota batimétrica de 4 m, aproximadamente.

Manejo de residuos líquidos

El proceso de aguas de rechazo consistente en aguas de salmuera (4 L/s aprox.), se considera descarga gravitacional al mar, mediante una tubería que conecta con una cámara de muestras para verificar la concentración de las aguas de descarga y luego a un emisario submarino, que tendrá en su extremo un difusor (velocidad de descarga aprox. 0,41 m/s). (página 8 de la RCA y mayores detalles en el Anexo 4 “Modelación de la pluma de descarga” de la DIA).

Manejo de residuos sólidos

Referente a RISes no peligrosos (envases de insumo vacíos, microfiltros usados) estos serán almacenados en sitios de acopio, de donde posteriormente serán retirados por una empresa autorizada. Finalmente los residuos peligrosos corresponderán a envases de químicos utilizados

en proceso de limpieza de equipo de osmosis inversa y los envases vacíos de hipoclorito de sodio, los cuales serán almacenados en bodega para tales efectos y su retiro en un período de seis meses (capítulo 1 de la DIA, numeral 1.5.9.3; Tabla N°10 expediente consolidado).

Monitoreo

La RCA no hace referencia a monitoreos de residuos sólidos generados en el proceso. En relación a la descarga de la salmuera al mar la RCA (página 8) considera un muestreo previo a su descarga que considera toma de muestras y análisis.

- Programa diario: medición de caudal;
- Programa mensual: SST, cloruros, pH y temperatura;
- Programa anual: caracterización de los parámetros incluidos en la tabla N°4 D.S. MINSEGPRES N°90/2000.

4.1.1.7 Antofagasta - Planta Desaladora de Agua de Mar (Expediente 3951)

El proyecto “Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta - II Región Chile” (N° expediente 3951) del titular Aguas de Antofagasta S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a mediados del año 2001 y recibió su calificación favorable el 27 de Septiembre del 2001 mediante RCA N°228/2001.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre “Desaladora de Antofagasta” y el código de obra 43034105001. De acuerdo a la NBI fue construida en el año 2003 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 850 L/s, utilizando como fuente agua de mar, con un porcentaje de descarte del 50%. El tratamiento previo consistiría en filtros de arena y filtros de cartucho.

Descripción del proyecto

El objetivo de este proyecto es proporcionar a la Región de Antofagasta de una nueva fuente de agua que permita absorber los incrementos de la demanda generada de la población. Esta nueva infraestructura que consiste en una PTOI tendrá una fase inicial de 13.000 m³/d, incrementándose según módulos de ampliación en fases, y cuya capacidad de producción final permitirá alcanzar los 52.000 m³/d (600 L/s). (folios 583 a 585 del expediente consolidado).

Luego de la captación del agua mar y bombeo de la misma, se considera un pre-tratamiento que incluye los procesos de oxidación, acidificación, coagulación y floculación, filtración, dosificación de anti-incrustante, dosificación de metasulfito sódico, y filtración por cartuchos (detalles de productos químicos del pre-tratamiento punto 3.2.2 del capítulo 3 de la DIA).

Posteriormente en el proceso de desalación, está constituida por vasos de presión con membranas permeables arregladas a una configuración específica. Las características específicas serán: 2 bastidores por fase, 3 subbastidores por línea; 2.167 m³/d de caudal neto de agua osmotizada por subastidor, 6.500 m³/d de caudal neto de agua osmotizada por línea o bastidor y membranas tipo poliamida.

Para la limpieza de membranas, se estima el lavado utilizando detergentes biodegradables, las limpiezas se estiman en cuatro lavados anuales. Finalmente la salmuera de rechazo del proceso de desalación, procedente de las turbinas Pelton, se descargará por gravedad a través de emisario submarino. La salmuera de rechazo consistirá en agua de mar concentrada (70 g/L) y sin incremento de su temperatura (ver detalles capítulo 2 de la DIA y folios 588 a 591 del expediente consolidado).

Manejo de residuos líquidos

Se generará salmuera como desecho del proceso de desalación. La disposición final de la salmuera se hará a través de un emisario submarino de 200 m de longitud hacia el mar, con un caudal inicial de 13.423 m³/d (155 L/s), alcanzando en la fase final del proyecto un caudal de descarga de 53.691 m³/d (621 L/s). Adicionalmente, las aguas tratadas de la planta de aguas servidas, que excedan la capacidad de riego, serán descargadas junto con la salmuera por el emisario de descarga, pudiendo alcanzar como máximo un caudal de 6,75 m³/d (0,08 L/s). (folio 593 del expediente consolidado y folio 615 RCA N°228/2001).

La RCA N°228/2001 en su numeral 7.7 sobre Disposición Final de la Salmuera indica que *“La salmuera de rechazo del proceso de desalación, procedente de las turbinas Pelton, se descargará por gravedad a través de un emisario submarino. La salmuera de rechazo consistirá en agua de mar concentrada (70 g/L) y sin incremento de su temperatura.”*

Manejo de residuos sólidos

Se generará el lodo producido por el tratamiento de las aguas de limpieza de filtros que corresponde al material marino retenido en éstos (microalgas); la producción de este lodo será inferior a 1 m³/mes. Respecto a los residuos provenientes del sistema de filtración, se extraerán y serán trasladados para ser dispuestos junto con los lodos de la Planta Salar del Carmen.

La producción de residuos es menor a 2 camiones de 20 m³ mensuales, y se generarán solo cuando exista la necesidad de utilizar coagulante. Las membranas que se reemplacen y que sean descartadas, serán dispuestas en el vertedero municipal de Antofagasta si ello se autoriza. El volumen anual estimado de descarte de membranas será de 7 m³. En el evento que no se consiga la autorización respectiva, serán acumuladas en la planta para llevarlas a un vertedero autorizado cada cuatro años. (folios 593 y 594 del expediente consolidado y folio 614 RCA N°228/2001).

Monitoreo

Como compromiso voluntario señalado en la Adenda N°2, se entregará la Comisión Regional del Medio Ambiente, una vez iniciada la operación, un informe mensual del seguimiento ambiental de la planta, con los parámetros establecidos en el D.S. MINSEGPRES N°90/2000 para la descarga de residuos líquidos fuera de la zona de protección del litoral, más los indicados en la DIA de este proyecto (folio 598 del expediente consolidado, así como folio 615 puntos 10.1 a 10.3 de la RCA N°228/2001).

La RCA N°228/2001 en su numeral 7.8 Plan de Muestreo indica que *“durante la operación se realizará un plan de muestreo, en el cual se deben realizar análisis diarios de pH, temperatura, conductividad/salinidad, amoníaco, cloro residual, coliformes totales y fecales. También se contemplan análisis mensuales de organolépticos, físico-químicos, relativos a sustancias no deseables tales como nitritos y nitratos, microbiológicos y de agente desinfectante, y bimestralmente se realizará un análisis completo. El plan de muestreo considera los análisis mínimos que se realizarán a las aguas crudas, tratadas y de rechazo.”* Si bien los parámetros corresponden a aquellos del agua potable producida, se podría deducir entonces que todos éstos también se deberían monitorear en el rechazo a descargar.

Respecto a los residuos sólidos no hace referencia a monitoreo de los mismos.

4.1.1.8 Antofagasta - Ampliación Planta Desaladora La Chimba (Expediente 2128416027)

El proyecto “Actualización y Ampliación Planta Desaladora La Chimba” (N° expediente 2128416027) del titular Aguas de Antofagasta S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a mediados del año 2013 y recibió su calificación favorable el 7 de Julio del 2014 mediante RCA N°397/2014. El proyecto corresponde a una modificación del proyecto “Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta - II Región Chile” (N° expediente 3951) aprobado mediante RCA N°228/2001.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre “Desaladora de Antofagasta” y el código de obra 43034105001. De acuerdo a la NBI fue construida en 2003 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 850 L/s, utilizando como fuente agua de mar, con un porcentaje de descarte del 50%. El tratamiento previo consistiría en filtros de arena y filtros de cartucho.

Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la actualización e instalación de equipos nuevos en la Planta Desaladora La Chimba, aprobada por RCA N°228/01, de manera de permitir la ampliación de la producción de la planta en 250 L/s de agua producto, es decir ampliar su capacidad hasta los 850 L/s. (páginas 3 a 6 de la RCA N°397/2014).

Entre las obras e incorporación de elementos en la planta desaladora, podemos mencionar entre otros (detalles páginas 5 a 9 de la RCA N°397/2014, y en el numeral 1.1 de la Adenda N°1) los siguientes:

- Construcción segunda línea de impulsión de agua mar (1.972 m³/h de capacidad);
- Construcción 3 plantas desaladoras modulares de capacidad de tratamiento 10 L/s;
- Incorporación de uso de anhídrido carbónico;
- Incorporación sistema de aireación en aguas tratadas;
- pre-tratamiento por ultrafiltración, generación de 295 m³/h de agua de rechazo.

Manejo de residuos líquidos

Se consideran los descartes de salmuera producto del sistema de osmosis inversa más los efluentes tratados provenientes del lavado de membranas y al efluente decantado proveniente del lavado de los filtros de arena. El caudal a descarga vía emisario submarino será de 1.217 m³/h (página 17 y 18 RCA N°397/2014).

Manejo de residuos sólidos

Respecto al lodo de tratamiento de aguas de limpieza de filtros (retención de microalgas, 1 m³/mes), membranas descartados y filtros (0,83 t/mes), se retirarán como mínimo dos veces a la semana para ser dispuestos en lugar autorizado (Tabla N°3 página 19 a 21 RCA N°397/2014).

Los residuos peligrosos (reactivos SPANDS de flúor, sacos de fluoruro de sodio y metabisulfito entre otros), tendrán un almacenamiento no superior a seis meses para luego ser llevados a sitio de disposición final autorizado.

Monitoreo

Respecto a los residuos sólidos y líquidos la RCA en revisión no se hace referencia a monitoreo de los mismos.

Sin embargo, en la página 23, otras medidas numeral 3.2.5; letras c), d), e) de la RCA N°397/2014, se señala que el proyecto contempla continuar con la ejecución del PVA de la columna de agua en la zona de descarga de salmuera, monitoreo al componente planctónico,

propuesto para el pozo de aspiración y el cuerpo receptor. Lo cual deberá ser informado a la Dirección Nacional de Pesca y Acuicultura con 72 horas anticipación (detalles anexo F plan de vigilancia ambiental de la Adenda N°1) y se mantendrá todos los registros que permitan verificar el retiro de residuos y su disposición final en lugar autorizado en etapa de ampliación y operación del proyecto.

4.1.1.9 Antofagasta - Ampliación Planta Desaladora Norte (Expediente 2148759270)

El proyecto “Ampliación Planta Desaladora Norte” (N° expediente 2148759270) del titular Aguas de Antofagasta S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a fines del 2020 y fue recientemente aprobado mediante RCA N° 202102001120 el 10 de Diciembre del año 2021. El proyecto corresponde a una modificación del proyecto “Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta - II Región Chile” (N° expediente 3951) aprobado mediante RCA N° 228/2001.

Descripción del proyecto

El proyecto en evaluación corresponde a un aumento de capacidad de la Planta Desaladora Norte (Ex Planta Desaladora La Chimba), ubicada en la ciudad de Antofagasta, e involucra tanto a las obras de ampliación proyectadas como a las obras que forman parte del Sistema de Desalación Adicional y del Sistema de Desalación Provisorio.

Como antecedente se tiene que la construcción y operación de la Planta Desaladora Norte fue aprobada mediante RCA 228 el año 2001 para una producción de agua potable de 602 L/s, a la infraestructura asociada a dicha resolución se le denomina como Planta Desaladora original dentro de la presente DIA. En el transcurso del tiempo el proyecto original se ha modificado con la finalidad de poder cubrir la creciente demanda de agua potable de las ciudades de Antofagasta y Mejillones.

El agua de mar se captará mediante nuevas obras de captación, y generación de agua independientes de las que se construyeron originalmente para la Planta Desaladora Norte. Se captará el agua de mar a través de las dos desaladoras de captación y sus correspondientes tuberías de captación. El caudal de agua de mar máximo asociado a la operación de la ampliación proyectada asciende a 1.842 L/s (6.631 m³/h).

El tren de tratamiento consiste principalmente en lo siguiente (ver capítulo 1.7.1.2 de la DIA):

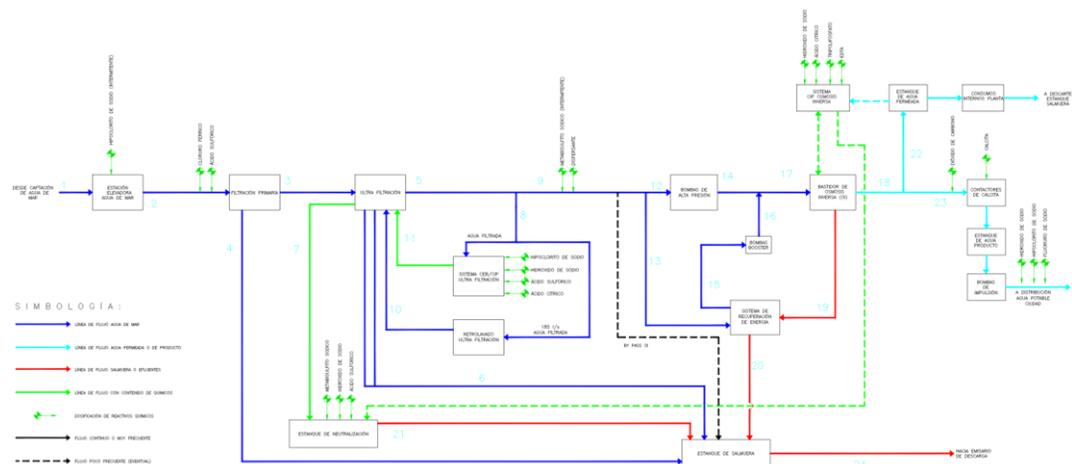
- Filtración:
 - Batería de filtros primarios (tecnología sin definir)
 - Ultrafiltración
- Dosificación de reactivos
 - Hipoclorito de sodio para cuatro puntos de inyección: sentina del edificio de captación, entrada al sistema de filtración, sistema de lavado de membranas de ultrafiltración e impulsión de agua potable.
 - Cloruro Férrico a la entrada del sistema de filtración.
 - Ácido Sulfúrico para tres puntos de inyección: entrada al sistema de filtración, sistema de lavado de membranas de ultrafiltración y estanque de neutralización.
 - Metabisulfito Sódico se dosificará en tres puntos de inyección: a la salida de la ultrafiltración, en el sistema de lavado de membranas de osmosis inversa y en estanque de neutralización.
 - Anti-incrustante que se dosificará a la salida de la ultrafiltración.

- Hidróxido de sodio se dosificará en cuatro puntos de inyección: en el sistema de lavado de membranas de ultrafiltración y osmosis inversa, estaque de neutralización e impulsión de agua desalada.
- Fluoruro de sodio en la impulsión de agua desalada.
- Sistema de osmosis inversa, de 5 trenes, con bombas de alta presión y sistemas de recuperación de energía.
- Post-Tratamiento:
 - Contactores de calcita
 - Dosificación de dióxido de carbono
 - Estanque de agua producto
 - Impulsión de agua producto
- Sector de neutralización y descarga:
 - Estanque de neutralización.
 - Estanque de salmuera.

A continuación se presenta un diagrama de flujo de la planta propuesta.

Figura N°4.3:
Esquema de manejo de las aguas proyecto Ampliación Planta Desaladora Norte

Fuente: Anexo 5 del Adenda, Expediente N°2148759270



Manejo de residuos líquidos

Tal como se ha señalado precedentemente, el manejo de los residuos líquidos se realiza en el sector de neutralización y descarga, que se compone de las siguientes unidades:

- Estanque de neutralización en el cual se neutralizan los efluentes de los lavados de membranas de ultrafiltración y membranas de osmosis inversa, en forma previa a su descarga al mar.
- Estanque de salmuera que recibe tanto la salmuera proveniente del sistema de osmosis inversa como los efluentes neutralizados en el estanque de neutralización.
- Cámara de muestreo con flujómetro de tipo ultrasónico y un punto de toma de muestras.

Se descargarán 80.453,5 m³/d equivalente a 931,175 L/s de salmuera. Los residuos líquidos serán descargados al mar fuera de la ZPL mediante un emisario submarino que se proyecta en material HDPE y diámetro 1.200 mm, con una longitud aproximada desde la cámara de carga hasta su

extremo final de 290 m. En su tramo final submarino (30 m), se instalarán difusores los cuales permitirán optimizar el proceso de dilución de las sales en el medio marino. (Numeral 4.3.2 de la RCA, página 7-9 del documento).

Manejo de residuos sólidos

No se indica la generación de residuos sólidos en el proceso productivo propiamente tal.

Monitoreo

En la DIA señala que no se modificará el plan de muestro original contemplado por la RCA N°228/2001 (capítulo 1.4.1 de la DIA, específicamente la indicación sobre la modificación al numeral 7.9 de la RCA original, página 31 de la DIA, correspondiente a la página 56 del documento pdf), que consistiría en análisis diarios de pH, temperatura, conductividad/salinidad, amoníaco, cloro residual, coliformes totales y fecales. Lo anterior, sin embargo, sin mencionar los demás aspectos del plan de muestreo original, en donde se podría deducir para las aguas de rechazo el requerimiento de “*análisis mensuales de organolépticos, físico-químicos, relativos a sustancias no deseables tales como nitritos y nitratos, microbiológicos y de agente desinfectante, y bimestralmente se realizará un análisis completo.*” (Numeral 7.8 de la RCA N°228/2001)

La RCA N° 202102001120 en su tabla 8.1.13 indica que “*el efluente proveniente de la planta desalinizadora dará cumplimiento a los parámetros establecidos en la norma de emisión del D.S. N°90/01 de MINSEGPRES, que establece los límites máximos de concentración para descargas de residuos líquidos a cuerpos de aguas marinas, conforme a lo indicado en la Tabla N°5 que establece los límites máximos de concentración para descargas de residuos líquidos a cuerpos de aguas marinos fuera de la Zona de Protección Litoral (ZPL).*” Lo anterior, en conjunto con la indicación en la DIA que no se modifica Plan de muestreo del proyecto original, indicaría que los requerimientos señalados por la RCA N°228/2001 se mantienen vigentes.

4.1.1.10 Tocopilla - Planta Desaladora Tocopilla (Expediente 2130243154)

El proyecto “Planta Desaladora Tocopilla” (N°expediente 2130243154) del titular Aguas de Antofagasta S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a principios del 2015 y recibió su calificación favorable el 13 de Mayo del 2016 mediante RCA N°164/2016.

En la NBI de la SISS aún no figura pues fue construido durante 2020.

Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la construcción y operación de una planta desaladora de agua de mar, diseñada para producir 200 L/s de agua potable, sobre la base de la desalación por osmosis inversa. Para ello, el agua de mar será captada por cuatro torres de captación ubicadas a 650 m de la costa, en el lado norte de la ciudad de Tocopilla, a una profundidad de 29 m, para luego ser transportada por una tubería de captación de 650 m de longitud y 1,2 m de diámetro, hasta una cámara de succión ubicada dentro de la planta elevadora de agua de mar. Desde aquí, el agua de mar será impulsada hasta el edificio de procesos de la planta desaladora, a través de una tubería de impulsión de 220 m de longitud y 0,5 m de diámetro, donde mediante un proceso de osmosis inversa se producirá agua potable, con una eficiencia entre 45% y 50% respecto del agua captada del mar.

Posteriormente, el agua de rechazo o salmuera proveniente del proceso de osmosis inversa, será descargada al mar en forma gravitacional por medio de una tubería de 240 m de longitud y 0,63 m de diámetro, que concluye en un emisario submarino, de aproximadamente 225 m de longitud y 0,63 m de diámetro.

Finalmente, el agua potable será impulsada desde el edificio de procesos, a través de una tubería de 3,25 km de longitud y 0,5 m de diámetro, para luego ser distribuida a través del actual sistema de distribución de Aguas de Antofagasta S.A. en la ciudad de Tocopilla. (página 3 a 7, 17 de RCA N°164/2016).

En el edificio de proceso, que contempla las actividades más importantes del proyecto, contempla tres sistemas de procesos:

- Pre-tratamiento: adición de sustancias químicas como dosificación de hipoclorito de sodio 10 mg/L, coagulante y ácido sulfúrico. Posteriormente se realiza una filtración por cartuchos y ultrafiltración, además la adición de bisulfito de sodio y dispersante. (detalles figura 1 y numeral 1.6.1.3.2 de la DIA);
- Tratamiento: se realiza mediante el proceso de osmosis inversa. (mayores detalles 1.6.1.3.3 de la DIA);
- Post-tratamiento: consiste en la potabilización del agua mediante la dosificación de productos químicos antes y después de ser acumulada en estanques de almacenamiento (mayores detalles punto 1.6.1.3.4 de la DIA. Detalles de sustancias químicas tabla N°6, página 19 de la RCA).
- Cámara de muestreo y monitoreo de la salmuera de acuerdo a lo establecido en el punto 6.3.1 del D.S. MINSEGPRES N°90/2000.

Manejo de residuos líquidos

Se generarán en forma continua 895 m³/h de salmuera provenientes del proceso de osmosis inversa, 287 m³/h de agua de rechazo provenientes de las unidades de ultrafiltración y un caudal extraordinario de 3 m³/h generado cada doce meses, proveniente del lavado de membranas y desplazamiento. Se mantendrán disponibles para revisión de la autoridad, los registros de las actividades de limpieza de membranas. La disposición final de estos residuos líquidos será en el mar, por medio de emisario de descarga de salmuera (informe consolidado numeral 4.7, página 23).

El agua de salmuera tendrá una concentración de sal del 50% por sobre lo normal y sin incremento de temperatura. En la Tabla N°1-22 de la DIA se muestra caracterización teórica del efluente de acuerdo a la Tabla 3.7 del D.S. MINSEGPRES N°90/2000. La descarga de la salmuera se realizará fuera de la ZPL, dando cumplimiento a la Tabla 5 D.S. MINSEGPRES 90/2000. (Anexo H de la DIA, también página 18 de la RCA, descarga de agua de salmuera, y numeral 4.7.3 del informe consolidado)

Manejo de residuos sólidos

Residuos industriales no peligrosos, principalmente membranas y filtros descartados se estiman en 0,24 t/mes, los cuales serán almacenados en patio de salvataje, y serán clasificados y vendidos a empresas autorizadas para recuperación y/o reciclaje de residuos. El resto se dispondrá en sitio autorizado con una frecuencia de retiro mínimo de dos (2) veces por semana. Por otra parte, la materia orgánica proveniente 2,4 t/año, será dispuesto en áreas de secado al interior de planta desaladora y llevado a disposición final en sitio autorizado. Los residuos peligrosos (envases disolventes, aceite usados, paños con aceites y grasas entre otros) 0,47 t/mes, serán dispuestos en tambores contenedores de 200 litros, almacenados temporalmente en bodega para su posterior retiro y disposición correspondiente. (página 21, Tabla N°7 de la RCA; también informe consolidado páginas 24 y 25).

Monitoreo

En la RCA N°164/2016 no se contempla monitoreo para los residuos sólidos.

En el numeral 8.2, páginas 50 y 51 (condiciones o exigencias) de la misma RCA, se señala que se realizará seguimiento ambiental del medio marino (Anexo D de la DIA), el cual contempla monitoreos para las etapas de construcción y operación (PVA). Además, se contempla un Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), con controles visuales, asociados a la inspección, control y mantenimiento de obras marítimas.

- Se incorporará en el PSA detalles del proceso de mantenimiento de membranas de ultrafiltración y filtros de cartucho, indicando insumos utilizados, características físico-químicas de los residuos generados, así como registros, fecha, hora y forma de disposición, principalmente de aquellos dispuestos mediante emisario submarino.
- Se integrará en los informes PSA sobre la variable hidrobiológica, un resumen con los resultados de los procesos de seguimiento impuestos en la Tabla 5 D.S. MINSEGPRES N°90/2000, sobre parámetros de calidad de agua del efluente del proceso de desalinización,
- Se integrará en los informes PSA sobre la variable hidrobiológica monitoreo calidad de agua del medio marino de los parámetros: temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, STD y cloro libre residual.

4.1.1.11 Atacama - PTAP de Osmosis Inversa Planta Nantoco (Expediente 5012820)

El proyecto “Planta de Tratamiento de Agua Potable de Osmosis Inversa, Planta Nantoco, Comuna de Tierra Amarilla” (N°expediente 5012820) del titular Aguas Chañar S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a fines del 2010 y recibió su calificación favorable el 7 de Julio del 2011 mediante RCA N°145/2011.

En la NBI de la SISS aún no figura pues se secaron los pozos y el proyecto fue desechado.

Descripción del proyecto

El proyecto tiene por objetivo el tratamiento mediante osmosis o nanofiltración de las aguas captadas desde una batería de sondajes de Nantoco, ubicado en la Comuna de Tierra Amarilla. La capacidad de tratamiento de osmosis de la planta será de 85 L/s. El caudal de agua tratada u osmosada será mezclado en una proporción similar (75 L/s) con agua proveniente de los mismos sondajes pero que no será tratada por osmosis, de modo que la planta producirá en total un caudal de 160 L/s (576 m³/h), cumpliendo con la norma de agua potable NCh409/1.Of2005. El agua producida por la planta (la mezcla) será conducida a través de una impulsión existente hasta el estanque Punta Bateas desde donde será distribuida hacia la población de Tierra Amarilla (45 L/s) y también una parte (115 L/s) será conducida mediante una aducción existente hasta el estanque Paipote ubicado en las cercanías de la planta Hernán Videla Lira de la ENAMI, desde donde se abastecerá la sector suroriente de Copiapó (también denominado sector Paipote). La desinfección del agua mediante aplicación de gas cloro y la fluoración se realizará en el mismo recinto de la PTOI de Nantoco, aprovechando el equipamiento existente en el recinto. (Anexo 6 de la DIA).

El tratamiento seleccionado para la fracción por desmineralizarse es el de ósmosis inversa/nanofiltración, a través de membranas semipermeables, que producen un agua libre de sustancias disueltas, reteniendo aproximadamente el 95% de las sales disueltas. En especial consisten en lo siguiente (según numeral 1.7, letra c del expediente consolidado):

- pre-tratamiento: contempla la adición de los productos químicos, considerando (hipoclorito de sodio, ácido sulfúrico, bisulfito de sodio, y coagulante);
- El post-tratamiento consiste en: Eliminación de CO₂; Mezcla con agua sin tratar.

Manejo de residuos líquidos

El proyecto generará los siguientes efluentes (ver mayores detalles numeral 1.8.2, letra b del ICE):

- Aguas servidas se evacuarán al alcantarillado público (Anexo 6 del Adenda N°1).
- El rechazo de la osmosis inversa será de orden de 2.445 m³/d.
- El lavado de filtros produce un efluente de 50 m³ por filtro. Los filtros granulares que contempla el proyecto, tendrán una autonomía de 24 horas y se lavarán uno por vez. La secuencia de lavado será: primero vaciado; luego lavado con agua y aire, de requerirse; tercero lavado con agua sola (enjuague y reclasificación); y cuarto maduración. El lavado de cada filtro de presión dura alrededor de 40 minutos genera un caudal de 82,5 m³/h aproximadamente. La operación y lavado de estas unidades de trabajo no requiere el uso de sustancias químicas. La frecuencia será cada 24 horas aproximadamente. El caudal estimado por lavado es de 23 L/s. El efluente que será descargado tendrá las mismas características del agua de rechazo (esto porque se utilizara el agua de rechazo para este lavado), pero con un mayor nivel de turbiedad, alrededor de 50 NTU.
- El lavado de membranas se realizará con una frecuencia de tres veces por año por un tiempo de lavado de dos horas aprox., el caudal será 20 m³ por rack de osmosis (2 rack).

Se realizará una mezcla de las aguas de rechazo, lavado de filtros y lavado de membranas, las cuales serán mezcladas en su totalidad con la PTAS de Tierra Amarilla, para ser descargado en conjunto (plano trazado de cañería, ver Anexo 3 del Adenda N°1).

De acuerdo al ordinario SISS N° 3409/10, no existe normativa aplicable a las aguas de descarte de las plantas de tratamiento de agua potable, Aguas Chañar se compromete a mantener un nivel de los parámetros establecidos. No obstante lo anterior, en el caso que se dicte una norma de emisión aplicable a dicho efluente, el proyecto deberá dar cumplimiento a dicha norma en los plazos que ésta establezca. Hasta esa fecha, el proyecto deberá velar porque las características de las descargas correspondan exclusivamente a las del normal funcionamiento de la PTOI, sin que se observe un deterioro de su calidad en el tiempo. (Punto 3.7.2 de la RCA)

Manejo de residuos sólidos

Los residuos sólidos generados por el proyecto tienen características de RSD y manejados como tal. Por otra parte, los residuos peligrosos corresponden a sacos y bidones vacíos, usados previamente como contenedores de sustancias corrosivas de acuerdo a lo señalado en la NCh382 (Punto 3.7.3 de la RCA).

Dado que el titular deberá realizar el abatimiento de mercurio, producto de la mezcla del efluente de la PTAS y el agua de descarte de la PTOI y considerando que al abatir este elemento se producirá un residuo, el titular debe definir su generación, almacenamiento, manejo y disposición final conforme a lo establecido en el D.S. MINSAL N.° 148/03.

Monitoreo

En la RCA N°145/2011, no se establece monitoreo para los residuos sólidos, sin embargo, el titular se compromete a tener respaldo de ingreso a disposición final autorizada de los residuos generados (Numeral 3.7.3 de la RCA). Por otra parte, se debe tener en cuenta lo expuesto anteriormente en relación a los residuos que se generen debido al abatimiento de mercurio solicitado.

Para los residuos líquidos generados del proceso se establece el siguiente programa de monitoreo (ver numeral 3.7.2, letra b programa de monitoreo de RCA N°145/2011):

“Aguas de rechazo: generado por lavado de filtros de presión y membranas de osmosis, junto con el rechazo hacia la cámara de mezcla y será en esta corriente donde se realizarán los muestreos compuestos. Se realizarán monitoreos mensuales durante los primeros 6 meses luego de la puesta en marcha de la planta, para los parámetros: TDS, sulfatos, cloruros, arsénico, manganeso, cianuro, plomo. Además se indica que se realizarán cuatro muestreos compuestos al año, uno por trimestre verificando:

Tabla N°4.3:

Caracterización de flujos generados con un caudal de rechazo máximo de 28,3 L/s. PTOI Nantoco

Fuente: Numeral 3.7.2, RCA N°145/2011

Parámetro	Agua cruda	Alimentación proceso de osmosis	Rechazo (*)
Cloruros (mg/L)	250	250	1.000
Sulfatos (mg/L)	900	900	3.600
TDS (mg/L)	1.700	1.700	6.800
Arsénico (mg/L)	0,0025	0,0025	0,01
Cianuro (mg/L)	0,02	0,02	0,08
Magnesio (mg/L)	90	90	360
Manganeso (mg/L)	0,001	0,001	0,05
SST (mg/L)	5	5	20
Sólidos Sedimentables (mg/L) (sic!)	0,1	0,1	0,5

Según el ordinario SISS N° 3409/10, no existe normativa aplicable a las aguas de descarte de las plantas de tratamiento de agua potable, sin embargo el Titular se compromete a mantener el nivel de los parámetros indicados en la tabla anterior obtenidos al iniciar la operación de la planta mientras esta se mantenga en funcionamiento.

Mezcla: Se realizará un plan de monitoreo a la mezcla del rechazo de la PTOI Nantoco con el efluente de la PTAS de Tierra Amarilla en el cual se incluirán los parámetros Arsénico, Cianuro, Magnesio, Manganeso, Plomo, Mercurio, Sulfatos, Cloruros, TDS, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables y Coliformes Fecales. Dicho monitoreo tendrá una frecuencia mensual durante los primeros seis meses luego de entrada en operación la PTOI Nantoco. Posteriormente, dicho monitoreo se realizará trimestralmente. En ambos periodos los resultados serán informados a las autoridades competentes.

Dado que no existe normativa aplicable a las aguas de descarte de las plantas de tratamiento de agua potable, el Titular se compromete a mantener en la mezcla el nivel de los parámetros indicados en la siguiente tabla, obtenidos al iniciar la operación de la planta mientras ésta se mantenga en funcionamiento.

Tabla N°4.4:

Caracterización de flujos generados en caudal de mezcla. PTOI Nantoco

Fuente: Numeral 3.7.2, RCA N°145/2011

Parámetro	Mezcla
Cloruros (mg/L)	1.000
Sulfatos (mg/L)	3.000
TDS (mg/L)	6.800
Arsénico (mg/L)	0,01
Cianuro (mg/L)	0,08
Magnesio (mg/L)	360
Manganeso (mg/L)	0,05
SST (mg/L)	20
Sólidos Sedimentables (mg/L) (sic!)	0,5

El efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas servidas de Tierra Amarilla cumple con lo establecido en el D.S. MINSEGPRES N°90/2000, por ende los niveles de coliformes fecales en la descarga de la mezcla (rechazos y PTAS) al Río Copiapó cumplirán con dicha normativa ya que la corriente del rechazo, lavado de filtros y membranas no contiene coliformes de ningún tipo. Por lo tanto cantidad de coliformes fecales en el monitoreo será menor o igual a 1000 NMP/100 mL. Al no existir Normativa para el descarte de las plantas de Agua potable, la totalidad del rechazo se diluirá mezclándola con la totalidad del efluente de la planta de tratamiento de aguas servidas de

Tierra Amarilla y luego será descargada directamente al cauce del río Copiapó, (aguas abajo del punto de muestreo de la PTAS) el cual en la zona de la PTOI de Nantoco no posee dilución. (...)

Dicha mezcla será posteriormente descargada al río Copiapó en el mismo punto donde actualmente descarga la PTAS de Tierra Amarilla. (...) Dado que no existe normativa aplicable a las aguas de descarte de las plantas de tratamiento de agua potable y atendiendo a la importancia de detectar la presencia de mercurio en concentraciones superiores, el Titular se compromete a realizar un plan de monitoreo de mercurio con una frecuencia mensual, durante los primeros seis meses de entrada en operación la PTOI Nantoco. Si se detectasen valores superiores a 0,001 mg/L de este elemento, se informará a las autoridades competentes y se les presentará, en un plazo máximo de seis meses, un proyecto para el proceso adicional de abatimiento de mercurio que se requiera. No obstante lo anterior, la Comisión de Evaluación realizó una exigencia al proyecto, en cuanto a que dicho sistema de abatimiento de mercurio se encuentre disponible a partir de la etapa de operación de la planta y no seis meses después que se presentasen valores superiores de mercurio. Por lo anterior, dicho proyecto de sistema de abatimiento deberá ser presentado antes de iniciar la etapa de operación del Proyecto para ser visado por la SEREMI de Salud, Región de Atacama. Además, considerando que al abatir este elemento se producirá un residuo, el Titular debe definir su generación, almacenamiento, manejo y disposición final conforme a lo establecido en el D.S. 148/03 Reglamento Sanitario Sobre Manejo de Residuos Peligrosos, según lo señalado por el servicio competente en el proceso de evaluación. Los elementos arsénico, cianuro, manganeso y plomo en la mezcla, los controles serán mensuales los primeros seis meses, en conjunto con el monitoreo de mercurio. Posterior a los primeros seis meses, tanto el mercurio los elementos arsénico, cianuro, manganeso y plomo en la mezcla, serán monitoreados trimestralmente, informando los resultados a las autoridades competentes en iguales períodos." (Numeral 3.7.2 de la RCA).

4.1.1.12 Atacama - PTAP de Osmosis Inversa Planta Placilla (Expediente 4628717)

El proyecto "Planta de Tratamiento de Agua Potable de Osmosis Inversa Planta Placilla – Aguas Chañar S.A." (N° expediente 4628717) del titular Aguas Chañar S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a mediados del año 2010 y recibió su calificación favorable el 14 de Marzo del 2011 mediante RCA N°50/2011.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre "PTOI Placilla Sierra Alta" y el código de obra 50202. De acuerdo a la NBI fue construida en el año 2012 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 217 L/s, utilizando como fuente agua salobre, con un porcentaje de descarte del 42%. El tratamiento previo consistiría en filtros de arena y filtros de cartucho.

Descripción del proyecto

El proyecto tiene por objetivo el tratamiento mediante osmosis o nanofiltración de las aguas captadas desde los sondajes denominados Placilla Sierralta, ubicado en la comuna de Copiapó. El agua tratada será impulsada hasta el estanque Manuel Rodríguez desde donde será distribuida hacia la población. La planta será alimentada con agua obtenida desde una batería de sondajes ubicados en los recintos de Placilla Sierralta y eventualmente desde los sondajes del recinto San Miguel. La cloración del agua para su desinfección y la fluoración se harán en el recinto de los estanques Manuel Rodríguez. (folios 000008-000009 del expediente consolidado de la DIA).

La finalidad del proceso de tratamiento del proyecto, es llevar las concentraciones de sulfatos y de sólidos totales disueltos a los valores que especifica la norma NCh409/1.Of2005. Para esto, se desmineraliza acabadamente una parte de las aguas, la que al ser mezclada a continuación con una fracción de agua cruda, da lugar a un agua mezcla con la calidad requerida por la normativa señalada. El tratamiento seleccionado para la fracción por desmineralizarse es el de ósmosis

inversa/nanofiltración, a través de membranas semipermeables, que producen un agua libre de sustancias disueltas. El caudal de tratamiento requerido por la planta de Placilla Sierralta es de 225 L/s (810 m³/h) aproximadamente.

El proyecto para la etapa de pre-tratamiento, contempla la adición de los productos químicos necesarios para obtener el acondicionamiento adecuado del agua para pre-tratamiento. Las condiciones de operación del tratamiento consideran un 75% de conversión de la alimentación. El post-tratamiento se define en tres etapas (ver numeral 1.7.3 en adelante del expediente consolidado):

- en el caso que se requiera, se debe efectuar la eliminación de CO₂, debido a que el pH del agua tratada es muy ácido, debido al alto contenido de CO₂.
- mezcla con agua sin tratar: el agua tratada contiene SDT y en particular sulfatos, se trata sólo una parte por ósmosis inversa/nanofiltración y el producto se mezcla con agua sin tratar. La proporción mínima calculada requiere producir una mezcla del orden del 50% de agua cruda y el parámetro que debe ser controlado es el sulfato.
- la adición de soda, es aplicada con la finalidad de corregir el carácter corrosivo residual del agua que se entrega a la red.

Manejo de residuos líquidos

En la etapa de operación se generarán los siguientes residuos industriales líquidos (ver numeral 1.8.2.2 del expediente consolidado y considerando 3.8.2.2 de RCA N°50/2011):

- Rechazo del proceso de osmosis inversa: Caudal máximo de 42,5 L/s. Este rechazo es un concentrado salino con una composición del total de sólidos disueltos (TDS) de aproximadamente 9.000 mg/L.
- El lavado de los filtros produce un efluente de 50 m³ por filtro.
- Los residuos líquidos producidos serán enviados a través de una tubería de uso exclusivo, para este fin, a la PTAS Copiapó, para ser mezclados con la descarga de la PTAS Copiapó, considerando un caudal nominal de 300 L/s, que servirá de dilución. La descarga conjunta será de 342,5 L/s. La carga diaria estimada de sulfatos y cloruros es de 24.000 kg/d para la PTOI y 6.700 kg/d para la PTAS.

La cámara de mezcla es de tipo vertedero, conformado por un baffle o pantalla donde confluirán el rechazo y el efluente de la PTAS de Copiapó, de tal forma de asegurar la mezcla de ambas corrientes, esta mezcla será descargada al río Copiapó en el mismo punto donde descarga la PTAS de Copiapó. El control de la Mezcla consta de un muestreo manual, realizado por un operador capacitado para dicha labor (Anexo 1 de la Adenda 4 se encuentra el plano del sistema antes descrito). El agua de rechazo se conducirá través de una tubería, de uso exclusivo para esta operación, de 10 km de longitud y de diámetro de 350 mm, que ira desde la PTOI Placilla-Sierralta hasta la PTAS de Copiapó (ver numeral 1.7.3.2 letra m) sistema evacuación efluente del expediente consolidado).

El proyecto requerirá la evacuación de descartes de la PTOI (salmuera, agua de lavado de filtros, agua de limpieza de membranas etc.), que serán eliminados en el río Copiapó. Los antecedentes requeridos para dar cumplimiento al permiso ambiental sectorial del art. 90 del Reglamento del SEIA se detallan en el Anexo 2 de la Adenda 2 y en la Adenda 4, donde se señalan las características del efluente en función de las dos alternativas de manejo (numeral 4.2.1 de la RCA).

Finalmente el efluente proveniente de la planta desaladora, dará cumplimiento a D.S. MINSEGPRES N°90/2000, Tabla 5, fuera de la ZPL.

Manejo de residuos sólidos

Aquellos residuos generados en la operación de la planta de tratamiento de agua potable, tales como envases de reactivos serán devueltos a los proveedores del servicio para su correcta disposición (ver numeral 1.8.2.3.2 del expediente consolidado).

Se llevará un registro de todos los residuos generados durante el proceso de osmosis una vez que estos se generen, no se superarán las 12 toneladas de residuos durante el año, según lo establecido en el D.S.MINSAL N°148, sobre el manejo de residuos peligrosos.

Monitoreo

La RCA 50/2011 no considera monitoreo a lodos o residuos sólidos generados en el proceso.

Por su parte, los residuos líquidos (ver considerando 3.7.4.2 letra m) RCA N°50/2011), señala que en el caudal de rechazo, previo a la mezcla con el caudal de la PTAS Copiapó, se realizarán cuatro muestreos compuestos al año, uno por trimestre, para verificar el cumplimiento de los parámetros indicados en la siguiente Tabla 9 de la RCA.

Tabla N°4.5:

Caracterización de flujos generados con un caudal de rechazo máximo de 42,5 L/s. PTOI Placilla

Fuente: Numeral 3.7.4.2, RCA N°50/2011

Parámetro	Agua cruda	Alimentación proceso de osmosis	Rechazo (*)
Cloruros (mg/L)	250	250	1.000
Sulfatos (mg/L)	900	900	3.600
TDS (mg/L)	1.700	1.700	6.800
Arsénico (mg/L)	0,0025	0,0025	0,01
Cianuro (mg/L)	0,02	0,02	0,08
Magnesio (mg/L)	90	90	360

Antes de realizar la mezcla con el efluente de la PTAS Copiapó con el rechazo de la PTOI Placilla-Sierralta, se realizarán monitoreos en base a lo estipulado en el D.S. MINSEGPRES N°90/2000 al Efluente de la PTAS, el Plan de Monitoreo propuesto por el Titular contempla una frecuencia de muestreo semanal de la mezcla, análisis que serán realizados por un laboratorio certificado, los parámetros a analizar serán los indicados en la tabla 9b) de la RCA, que se reproduce a continuación.

Todos los monitoreos deberán ser enviados a la Autoridad Ambiental, en base trimestral.

Tabla N°4.6:

Parámetros a Monitorear en el efluente de la PTAS Copiapó, después de la mezcla con el caudal proveniente de PTOI Placilla-Sierralta.

Fuente: Numeral 3.7.4.2, RCA N°50/2011

Parámetro	Mezcla
Coliformes fecales (NMP) (sic!)	<= 1.000
Cloruros (mg/L)	<= 1.000
Sulfatos (mg/L)	<= 1.000

4.1.1.13 Atacama - Planta de osmosis inversa para el agua potable de Diego de Almagro (Expediente 6093)

El proyecto "Planta de Osmosis Inversa para el agua potable de Diego de Almagro" (N°expediente 6093) del titular Aguas Chañar S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a fines del 2002 y recibió su calificación favorable el 12 de Febrero del 2003 mediante RCA N°16/2003.

En la NBI de la SISS figura bajo el nombre "Planta de Osmosis Inversa" y el código de obra 50201. De acuerdo a la NBI fue construida en 2003 y actualmente se encuentra en operación. El caudal de diseño es de 33 L/s, utilizando como fuente agua salobre, con un porcentaje de descarte del 35%. El tratamiento previo consistiría en filtros de arena y filtros de cartucho.

Descripción del proyecto

El proyecto contempla la operación de una PTOI para agua potable de Diego de Almagro. La localidad de Diego de Almagro era abastecida con agua potable desde dos fuentes (ver folios 00158 a 00159 expediente consolidado):

- Quebrada Asientos: Sondaje con un aporte entre 13 y 14 L/s.
- La Finca: Batería de cinco sondajes que aportan en total 7 L/s.

La mezcla de los dos caudales son enviados a través de la misma aducción existente hasta el sector donde se ubicará la PTOI a unos 30 km. En la zona de la PTOI se considera un estanque de 100 m³ para almacenar el agua cruda que alimentará la planta, la que generará un caudal de agua potable de 23,1 L/s que retorna a la matriz existente que conduce el agua potable hacia Diego de Almagro.

La planta de tratamiento de agua propuesta es de operación automática, alcanza una reducción de sales de un 99% y sus características son las siguientes:

- pre-tratamiento: para retener partículas en suspensión y materia orgánica oxidada, posteriormente, el agua se acondiciona, previo al paso por las membranas y se pasa por un sistema de microfiltración;
- Tratamiento: el agua acondicionada es impulsada por cuatro motobombas de alta presión y alimenta tres líneas de osmosis inversa de 11 L/s cada una. Desde acá se generan dos flujos, uno de 23,1 L/s de permeado y uno de 9,9 L/s de rechazo;
- Desinfección y cloración;
- Agua de rechazo para abatimiento de arsénico: se tratará en una planta adicional. Los lodos provenientes de esta planta serán depositados en una cancha de secado de geomembrana para evitar infiltraciones.

Manejo de residuos líquidos

Durante la operación de la PTOI existirá sólo una descarga al Río Salado, la que estará compuesta por dos fuentes diferentes (ver detalles folio 00161 y 00162 expediente consolidado):

- Retrolavado de los filtros: 22,6 L/s, 2 veces al día por 45 minutos;
- Rechazo: 9,9 L/s, descarga continua.

La calidad química del retrolavado de filtros es igual al agua de alimentación, a excepción de los SST, que en este caso son mayores a los del agua de alimentación, pero muy inferiores a los del Río Salado. El agua de rechazo de la PTOI posee una alta concentración de sales disueltas, no obstante son menores a las del Río Salado, con excepción del ión arsénico, por lo que este efluente debe ser tratado antes de enviar al Río. Para esto se considera un reactor para abatimiento con agitación continua, previa dosificación de productos químicos (lechada de cal y cloruro férrico). En el reactor se generan dos flujos; uno el sobrenadante (agua de rechazo tratada) con un contenido menor o igual al contenido del agua del Río Salado y una evacuación de lodos en forma discontinua desde el fondo del equipo.

La RCA en el numeral 5 e) de los Considerando entrega una comparación de la calidad del agua de rechazo con Norma y calidad del agua del cuerpo receptor, como sigue:

Tabla N°4.7:

Comparación de la concentración máxima promedio de la calidad del agua de rechazo con Norma y calidad del agua del cuerpo receptor PTOI Diego de Almagro.

Flujo	Cloruros (ppm Cl)	Sulfatos (ppm SO ₄)	Arsénico (ppm As)	Sólidos totales disueltos
Rechazo	4.270	1.210	2,2	10.060
Rechazo tratado	4.270	1.210	≤ 0,6	10.060
Río Salado	221.810	7.450	0,641	>250.000
D.S. MINSEGPRES N°90/00	400	1.000	0,5	

Fuente: Numeral 5 e) de los Considerando, RCA N°16/2003

Manejo de residuos sólidos

Los RISes corresponden principalmente a lodos del reactor de abatimiento de arsénico, considerado químicamente estable e insoluble, ya que esta precipitado como un complejo de arseniato y fierro. Se estima la generación de 78 m³ de lodos húmedos al mes, dispuestos en una cancha de secado con geomembrana para evitar infiltraciones. Posteriormente los lodos secos (1.200 L) son extraídos y llevados hasta el vertedero químico de CODELCO o de ENAMI, en tambores de 200 L. (folio 00161 expediente consolidado).

Monitoreo

La RCA N°16/2003 no contempla monitoreo a los residuos sólidos generados por el proyecto.

De acuerdo a lo señalado en el folio 00162 y 00163 del expediente consolidado, se contemplan los siguientes monitoreos durante la operación: Análisis mensual del rechazo descargado según D.S. MINSEGPRES N°90/2000. La RCA en el punto 4.1 de los Considerando indica el cumplimiento de esta norma de emisión. Además, en el punto 5 i) de los Considerando indica que “se *monitoreará el agua de rechazo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 90*”. Para la medición de caudal del rechazo tratado se emplearía un “*sensor transmisor de flujo*”.

La capacidad de dilución del cuerpo receptor en el punto de descarga fue determinada por la DGA en 0 L/s, según Res. DGA N°45/2003 de fecha 11 de Febrero 2003 (folio 00156 del expediente consolidado). Sin embargo, el expediente revisado no contiene ninguna determinación, por parte de la Dirección General de Aguas, del contenido natural del cuerpo receptor.

4.1.1.14 Atacama - Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama (Expediente 2130018787)

El proyecto “Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral” (N°expediente 2130018787) del titular Aguas Chañar S.A. fue ingresado al SEIA como EIA a fines del 2014 y recibió su calificación favorable el 17 de Agosto del 2016 mediante RCA N°155/2016.

En la NBI de la SISS aún no figura pues fue recientemente construida.

Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la extracción de agua de mar para su desalinización en una planta ubicada en la comuna de Caldera, y su elevación a través de impulsiones a los distintos puntos de abastecimiento de la población para las localidades de Caldera, Chañaral, y al recinto de Piedra Colgada para abastecer a las localidades de Copiapó y Tierra Amarilla.

El proyecto se construirá en tres etapas. Se estima alcanzar una capacidad máxima de la planta de 1.200 L/s de agua tratada en la etapa final, con una primera etapa con capacidad total para 450 L/s y una segunda etapa con capacidad total para 900 L/s.

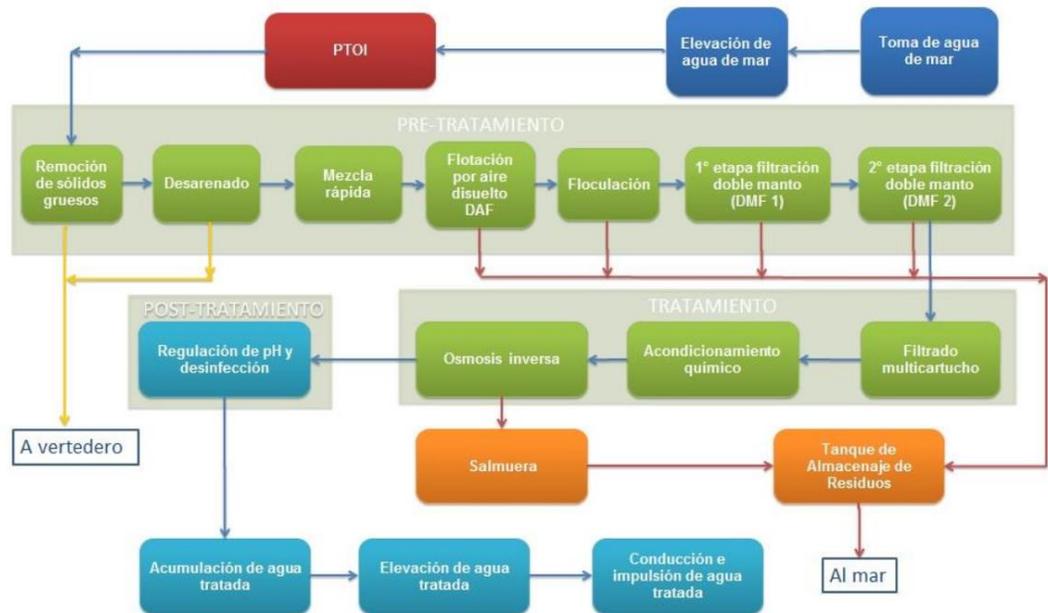
El proyecto contempla además de la planta desalinizadora (PTOI), las obras de captación de agua de mar, la descarga de salmuera al mar a través de un emisario submarino, las obras de elevación y conducción del agua producida, y las obras anexas correspondientes: alimentación eléctrica, recintos, estanques, plantas elevadoras, etc.

Para la descarga de salmuera consisten en una cámara de carga y un emisario submarino. La cámara de carga se ubicará a 246 m de la PTOI y estará oculta bajo terreno. Durante la fase III del proyecto, donde el caudal de producción de agua desalinizada alcanza los 1.200 L/s, la salmuera de descarte generada será de 1.467 L/s, que alcanzará una velocidad de paso por la cámara de carga de 1,6 m/s (página 1.55 en adelante del EIA):

- Captación y elevación del agua de mar;
- pre-tratamiento:
 - Remoción de sólidos gruesos en tres rejillas auto limpiantes
 - Desarenador de vórtice
 - Mezcla rápida y adición de químicos (coagulante y floculante)
 - Flotación por Aire Disuelto (DAF) en cinco celdas en paralelo
 - Floculación
 - Primera etapa de filtración doble capa (adición de cloruro férrico) en ocho filtros
 - Segunda etapa de filtración doble capa (adición de cloruro férrico)
- Tratamiento:
 - Filtrado multicartucho en cuatro filtros
 - Dosificación de ácido sulfúrico para bajar el pH a 5,5
 - Dosificación de solución de bisulfito de sodio para neutralizar el cloro libre
 - Unidad de osmosis inversa
 - Sistema de lavado de filtros (contracorriente aire-agua de rechazo cada 24 horas) y membranas
- Post Tratamiento:
 - Remineralización por vía química mediante adición de hidróxido de calcio
 - Estanque de acumulación de agua tratada
 - Plantas de elevación de agua tratada
- Cámara de carga y emisario de descarga de salmuera (169 m con difusores y en forma de Y) para el agua proveniente del lavado de filtros y membranas, junto con el lodo proveniente del DAF.

Figura N°4.4:
Esquema de manejo de las
aguas de proceso proyecto
planta PTOI Atacama

Fuente: EIA página 1.55



Manejo de residuos líquidos

Se estima un caudal de la salmuera de 1.476 L/s con una salinidad de 65,3 g/L que descarga al mar mediante emisario submarino. En la tabla incluida en la respuesta a la Observación N°101, se pueden apreciar las concentraciones de la descarga a realizar en el medio marino, con los parámetros establecidos en la tabla 5 del D.S. MINSEGPRES N°90/2000 (ver página 53 del informe consolidado). A eso se agrega las aguas de lavado con hasta 1.237 m³/h, lo que resulta en un caudal total a descargar de 7.300 m³/h. (Tabla N°7 del Adenda Complementaria)

El caudal máximo del efluente, compuesto por salmuera, lodos y agua proveniente del lavado de filtros, a descargar en el mar para cada etapa, son los siguientes (página 31 RCA):

Manejo de residuos sólidos

Los RISes no peligrosos son una cantidad de 30 m³/mes (despunte de madera y fierros, restos de embalaje, cables, piezas de recambio) y 5,0 t/d (arenas y detritus), provenientes del funcionamiento de rejas gruesas y desarenadores. Los residuos resultantes de las actividades de mantenimiento durante la operación de la PTOI serán almacenados temporalmente en un contenedor de tipo abierto que estará ubicado a un costado de la bodega de residuos domiciliarios descrita en el párrafo anterior. (ver detalles y cantidades y tipos de residuos para cada etapa en Tabla N°38 del informe consolidado)

Referente a residuos peligrosos y de acuerdo a lo indicado por el proponente en la Adenda, todas las sustancias químicas en desuso serán tratadas como residuos peligrosos. Este tipo de residuos será temporalmente almacenada en el sitio transitorio de residuos peligrosos, para posteriormente ser trasladados por una empresa especializada hasta un sitio de disposición final autorizado. (ver detalles y cantidades y tipos de residuos para cada etapa en Tabla N°39 del informe consolidado)

Monitoreo

De acuerdo a lo indicado por el Titular en la Adenda complementaria El Plan de Seguimiento de la Biota Marina, se realizará dos veces al año, durante todo el período de operación de la planta desalinizadora. El Plan de Seguimiento de la Columna de Agua Marina tendrá un monitoreo cada

6 meses, comenzando un mes después del inicio de las actividades de vertimiento de salmuera. El Plan de Seguimiento de la Pluma de Dispersión tendrá un monitoreo durante toda la fase de operación. La primera campaña se realizará pasado el tercer mes de inicio de las actividades de vertimiento de salmuera, la siguiente se realizará a los 3 meses y así cada 3 meses por el periodo de un año. Luego cada 6 meses durante la operación del proyecto Como se está hablando de los efectos sinérgicos producidos por ambas Plantas Desalinizadoras, estos seguimientos se realizarán mientras se encuentre funcionando la Planta Desalinizadora Minera Candelaria. (Numeral 7.2.6 de la RCA, véase también capítulo VII del ICE)

En el numeral 8.2 (planes de seguimiento ambiental para impactos no significativos), que se han considerado relevantes de monitorear (detalles de metodología, límites permitidos, frecuencias, duración de monitoreos etc. en páginas 105 a 112 de la RCA (Numeral 8.2) y Adenda Complementaria, Anexo Observación 59, Tablas 7, 8 y 9):

- Plan de seguimiento de la Pluma de Dispersión: Tal como se indicó precedentemente.
- Plan de seguimiento a la Biota Marina: componente ambiental biota marina, alteración de abundancia, diversidad y organismos bentónicos por descarga de salmuera; realizar dos (2) veces al año, invierno-verano.
- Plan de seguimiento columna Agua Marina: componente ambiental, columna de agua marina; alteración columna agua marina; frecuencia.

Por lo tanto los monitores de medio marino evalúan y controlan los efectos de la descarga de salmuera y verificación que no se generen alteraciones significativas en las comunidades bentónicas, fito y zooplanctónicas. En la página 129 de la RCA se indica “*El efluente proveniente de la PTOI consiste en salmuera, el cual dará cumplimiento a los límites máximos establecidos en el D.S. N°90/2000, MINSEGPRES, Tabla N°5, que establece los límites máximos de concentración para descargas de residuos líquidos a cuerpos de agua marina fuera de la ZPL*”, sin embargo no establece una exigencia clara de monitoreo.

La Resolución Exenta N°155/2016 no contempla monitoreo a los residuos sólidos generados por el proyecto.

4.1.2 Plantas de tratamiento de agua potable con tecnología tradicional

4.1.2.1 Sistema de Tratamiento de Agua Potable El Carmelo (Expediente 2131013104)

El proyecto “Sistema de Tratamiento de Aguas El Carmelo” (N°expediente 2131013104), del titular Aguas del Altiplano S.A. ingresó como DIA al SEIA en Diciembre del año 2015 y recibió su calificación favorable el 24 de Mayo 2016, mediante Resolución Exenta N°000042/2016.

Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en la construcción y operación de una PTAP para el abatimiento de arsénico mediante un sistema de coagulación-filtración para un caudal total de 750 L/s, con el fin de dar cumplimiento con las concentraciones inferiores a 0,01 mg/l de arsénico definidas en la norma NCh409/1.Of2005, la cual debe ser efectiva a partir del año 2017, tal como lo especifica la Ord. 1582/2007 de la SISS. Se ubica a un costado del recinto de la planta elevadora El Carmelo y trata las aguas que son conducidas hacia Iquique.

El agua extraída del sistema El Carmelo constituido de ocho sondajes que se ubican en la Pampa del Tamarugal a unos 17 km al oriente del Recinto El Carmelo y a 20 km al noreste de Pozo Almonte, presenta una mayor concentración de arsénico al límite establecido.

La PTAP para el abatimiento de arsénico mediante un sistema de coagulación-filtración, consiste primeramente en una pre-cloración, adición de químicos y filtración. Las aguas de retrolavado de filtros se tratarán en una planta de lodos y el efluente tratado se retornará al estanque de agua cruda. El proceso de abatimiento a desarrollarse consta: oxidación, coagulación-floculación, decantación, filtración entre otros. A continuación se muestra el diagrama del sistema de tratamiento (detalles en el capítulo IV de descripción del proyecto del ICE).

Figura N°4.5:
Esquema de manejo de las aguas de proceso proyecto planta El Carmelo

Fuente: DIA Figura 1.17



Manejo de residuos líquidos

Según lo señalado en el ICE, numeral 4.1.5.3, el proyecto no generará residuos líquidos industriales. La RCA en su numeral 4.3.2 no indica la generación de efluentes a excepción de aguas servidas.

Manejo de residuos sólidos

Los residuos sólidos no peligrosos, serán borras de fondo correspondiente a lodos de cloruro férrico y arsénico proveniente de la PTAP. El manejo y almacenamiento de los lodos se realizarán como se indica a continuación:

- se acopiarán en tres contenedores (tipo tolva hermética) de 7 toneladas de capacidad cada uno, que estarán ubicados en el edificio de centrifugado;
- cada contenedor tiene una capacidad para almacenar 7 días de operación (0,9 t/d), por lo que la capacidad total de almacenamiento es de 21 m³ o 21 t.

Estos lodos serán retirados con una frecuencia aproximada de una vez por semana; y serán tratados y dispuestos por una empresa habilitada para aquello. En la tabla N°1-26 de la DIA se presenta la producción de lodos del proyecto.

Los residuos peligrosos, corresponden a sólidos contaminados con sustancias químicas, pilas y baterías, huaipe, ampollitas entre otros, se estima una generación de 100 kg/mes. La tabla N°1-27 de la DIA, presenta los principales residuos sólidos generados y su destino final.

Monitoreo

La RCA N°000042/2016 no establece requerimientos de monitoreo a los residuos líquidos o sólidos de ningún tipo.

4.1.2.2 Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Potable de Alto Hospicio (Expediente 5480483)

El Proyecto denominado “Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Alto Hospicio, Región de Tarapacá” (expediente N.º 5480483) del titular Aguas del Altiplano

S.A. fue ingresado al SEIA como DIA a comienzos del año 2011 y recibió su aprobación el 16 de Noviembre 2011 mediante RCA N°00101/2011.

Descripción del Proyecto

El proyecto corresponde a la construcción de una planta de tratamiento para el abatimiento de arsénico del agua potable de la localidad de Alto Hospicio, con la finalidad de dar cumplimiento a la Norma Chilena 409/05. Este proyecto consta de dos etapas, la primera al año 2012, se contempla que se trate una parte del caudal total (560 L/s), que se estima en 140 L/s. Para la segunda etapa, al año 2017, se contempla la ampliación del sistema de filtración de manera de cumplir con la calidad objetivo en la concentración de arsénico del agua para consumo menor o igual a 0,01 mg/L, para la totalidad del caudal (560 L/s).

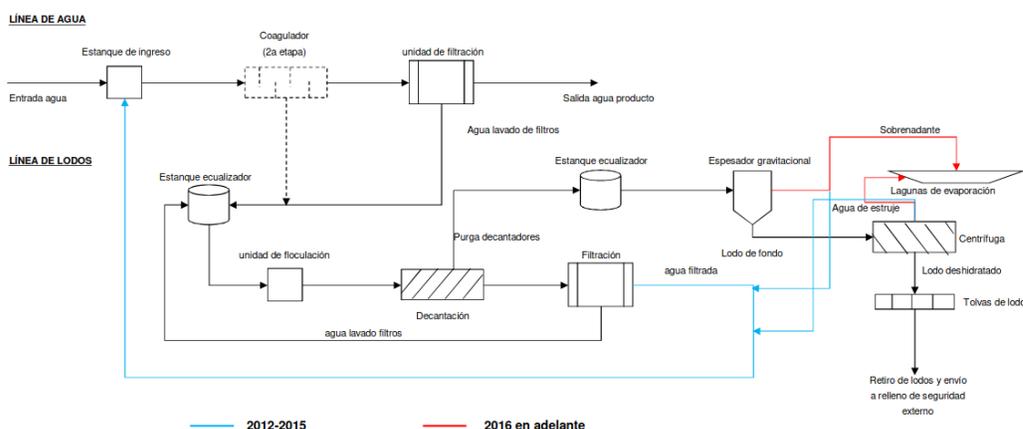
El proceso que será utilizado para el abatimiento de arsénico corresponde al de coagulación filtración, mediante el cual el material disuelto, suspendido o en forma coloidal se transforma resultando en partículas sedimentables por gravedad, pudiendo ser filtradas. (ver detalles del proceso numeral 3 y 3.2.2 del informe consolidado del proyecto).

Manejo de residuos líquidos

Según lo señalado en la DIA y en el respectivo informe consolidado del proyecto, para la etapa de operación, el proyecto eventualmente generará agua de descarte proveniente del proceso estimada en 5 L/s (ver punto 3.2.2 del ICE). Inicialmente, en la DIA, y de requerirse, se consideró la descarga al sistema de alcantarillado del sector, cumpliendo con el D.S. MOP N°609/98 (punto 2.4.2 de la DIA). Posteriormente, en Adenda, se indicó que el agua de descarte proveniente de la planta de tratamiento será descargada a dos lagunas de evaporación, con una superficie total aproximada de 1,4 ha, sin descarga. A continuación se presenta el esquema de manejo de las aguas de proceso del proyecto.

Figura N°4.6:
Esquema de manejo de las aguas de proceso proyecto planta Alto Hospicio

Fuente: Adenda N°2 Figura 2



Manejo de residuos sólidos

Para el tratamiento y disposición de lodos generados producto del tratamiento (lavado de unidades de filtración y en los sedimentadores), se contempla la instalación de un espesador de lodos, un estanque de almacenamiento y posterior deshidratado mediante centrífuga, de manera de minimizar el volumen a transportar y disponer. Se contempla, además, un sistema de almacenamiento de lodo, posterior al deshidratado, en tolvas de apertura mecánica para su retiro por terceros. Se dispondrá de los sistemas de medición de manto de lodos que permitan el control de proceso de espesado. El retiro, transporte y disposición final de los lodos será realizado por una empresa autorizada para tales efectos. (Capítulo 2.3.4 de la DIA)

Se generarán residuos industriales peligrosos provenientes del sistema de tratamiento de aguas que consiste en lodos, los cuales serán tratados como residuos peligrosos y serán retirados, transportados y dispuestos en un relleno de seguridad por empresas autorizadas para tales efectos, en cumplimiento con lo dispuesto en el D.S. N°148/04. Se estima una generación diaria de 0,99 m³/d de lodos (año 2017 – 2041). Dado que se generarán más de 12 toneladas anuales de lodos arsenicales, se presentará ante la autoridad sanitaria un Plan de Manejo de Residuos Peligrosos.

Monitoreo

En los documentos revisados no se contempla ningún tipo de monitoreo tanto para los residuos sólidos ni líquidos del proyecto. No obstante, cabe señalar que en el informe consolidado punto 3.2.2 etapa de operación se señala que *“Ante eventualidades o emergencias que puedan suscitarse en las lagunas, se contará con un registro diario visual de las cámaras colectoras de ambas piscinas. Si el encargado detectase la presencia de líquido en la cámara colectora, dará aviso inmediato al encargado de planta quien realizará el trasvasije desde la laguna afectada a la otra laguna”*.

4.1.2.3 Implementación de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Agua Potable Reina Norte, Colina (Expediente 2135203783)

El proyecto “Implementación de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Agua Potable Reina Norte, Colina” (N°Expediente 2135203783) del titular Aguas Santiago Norte S.A., fue ingresado al SEIA a fines de Noviembre 2017, mediante una DIA, y recibió su aprobación el 19 de Junio 2019, mediante Resolución Exenta N°323/2019.

La planta no está operativa aún, por lo cual no aparece en la NBI de la SISS.

Descripción del Proyecto

El Proyecto consiste en la construcción y operación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) y una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS) para atender a una población aproximada de 15.600 habitantes. La capacidad final de cada planta corresponde a un caudal medio diario de producción de agua potable de 37,8 L/s, para el período proyectado al año 2046.

La PTAP tratará el agua extraída de un pozo dentro del área de la planta, para producir agua potable a través de la cloración y fluoración de ésta. (ver detalles de partes de proyecto páginas 11 y 12 del informe consolidado)

Manejo de residuos líquidos

Los residuos líquidos producidos en la etapa de operación (detalles capítulo IV numeral 4.7.5.2, páginas 21 a 22 del informe consolidado) para todas las sub-fases, tanto para la PTAS; como para PTAP, se descargarán al alcantarillado previamente tratadas en la PTAS. El efluente producido por el tratamiento de aguas servidas en la PTAS; será descargado en el canal de regadío Reina Sur (ver detalles del punto de descarga Tabla N°1 del Adenda 1).

Además el Titular señala que *“la descarga al canal de regadío, cumplirá con los requisitos de calidad de agua asociados al D.S N°90 y al punto 6 del NCh1333/78...”*.

Manejo de residuos sólidos

De acuerdo a la descripción del proyecto, no habría generación de lodos provenientes de la PTAP

Monitoreo

Para los residuos líquidos, la RCA establece requisitos para el efluente de la PTAS, específicamente que en su numeral 5.1 señala que el efluente de la PTAS cumplirá con el D.S, MINSEGPRES N°90/2000 (tabla 1) para las descargas al canal de Regadío Reina Sur sección primera.

4.1.2.4 Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Hacienda Batuco (Expediente 7822145)

El proyecto “Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Hacienda Batuco” (N° expediente 7822145) del titular Aguas Santiago Norte S.A. fue ingresado al SEIA a finales de Enero del año 2013, mediante DIA y recibió su aprobación el 20 de Marzo del 2019, mediante Resolución Exenta N°180/2014.

Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en la construcción y operación de una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) y una planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) destinadas a proveer de servicios sanitarios a un loteo habitacional en el sector Hacienda Batuco, en la comuna de Lampa.

La fuente de producción de agua potable con la que se abastecerá la PTAP será desde pozo, con derechos de aprovechamiento de tipo consuntivo, de ejercicio permanente y continuo, por un caudal total de 43,57 L/s. El sistema de agua potable contempla la construcción y operación de las siguientes unidades: pozo de captación de aguas subterráneas, sistema de impulsión, desinfección y estanques de acumulación. (Numeral 1.2. y 1.2.2 del ICE).

Manejo de residuos líquidos

El proyecto solamente contempla descargas de la PTAS. No se indican descargas de la PTAP, debido a que el sistema de tratamiento solamente considera una etapa de desinfección.

Manejo de residuos sólidos

Para el manejo de residuos sólidos, solo se consideran lodos provenientes de la PTAS.

Monitoreo

Revisados los antecedentes y considerandos, tanto del informe consolidado como de la respectiva RCA N°180/2014, no se presentan monitoreos ni requerimientos adicionales para los residuos sólidos y líquidos generados por el proyecto relacionados con la PTAP.

4.1.2.5 Planta de Tratamiento de Agua Potable Chamisero (Expediente 6089108)

El proyecto “Planta de Tratamiento de Agua Potable Chamisero” (N° expediente 6089108) del titular Aguas Manquehue S.A. fue ingresado al SEIA en el mes de Octubre del año 2011, mediante una DIA y recibió su calificación favorable el 25 de Octubre 2012, mediante Resolución Exenta N° 468/2012.

Descripción del Proyecto

El proyecto contempla la construcción de una planta de tratamiento de agua potable de tipo convencional, obras de toma desde el canal Batuco y de conexión al sistema de redes de agua potable existente. (ver detalles numeral 1.8.2 del ICE).

El proyecto se ha diseñado considerando todas las unidades de un sistema de tratamiento convencional de agua potable, incluyendo los procesos de: desarenación, predecantación,

coagulación-floculación, sedimentación, filtración, desinfección y fluoración, a fin de cumplir con los requisitos definidos en la norma de calidad de agua potable NCh409/1.Of2005.

La construcción de esta planta se ha proyectado en dos etapas (Etapas I y II), considerando las siguientes capacidades de tratamiento:

- Etapa I: 250 L/s, prestando servicio a un total de 29.700 personas
- Etapa II: 500 L/s, prestando servicio a un total de 52.600 habitantes.

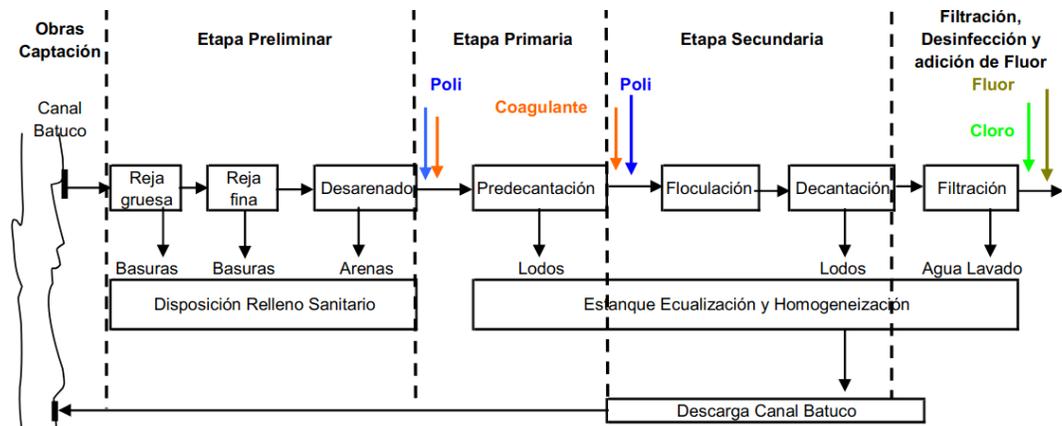
Respecto al proceso general de la línea de tratamiento de aguas, el proyecto contempla los siguientes componentes entre otros:

- Obra captación canal Batuco;
- Etapa preliminar: cribado y desarenado;
- Etapa primaria: construcción de unidades de predecantación, para la aplicación de floculante y/o coagulante. En caso de ser necesario carbón activado en polvo;
- Etapa secundaria: aplicación adicional de floculante y/o coagulante y permanganato de potasio (de ser necesario);
- Filtración, desinfección fluoración y sistema de extracción y disposición de lodos de las diferentes unidades. En forma paralela a la desinfección se realizará la aplicación de ácido fluorosilícico a fin de cumplir con el requisito de flúor en la red de distribución, de acuerdo a la NCh409/1.Of2005.

A continuación se presenta el esquema de tratamiento de la PTAP Chamisero inicialmente propuesto.

Figura N°4.7:
Esquema inicial de manejo de las aguas de proceso proyecto planta Chamisero

Fuente: DIA



Durante la tramitación del proyecto, específicamente en el Adenda N°2, se abandonó la idea de descargar los lodos al Canal Batuco, presentando el manejo de lodos que a continuación se presenta:

Manejo de residuos líquidos

Según lo indicado en la RCA N°468/2012 en la fase de operación se generará como efluentes líquidos agua potable que cumplirá con los requisitos definidos en la norma de calidad de agua potable NCh409/1.Of2005 y lodos, que corresponden a elementos inorgánicos de carácter coloidal que naturalmente son transportados en el agua cruda y considerados no peligrosos.

Manejo de residuos sólidos

Se generarán los siguientes residuos sólidos generados por el proyecto (detalles tablas 8 y 9 considerando 3.10.2 de la RCA 468/2012):

- Arenas: 100 t/a, almacenados en contenedores cerrados enviados a disposición final.
- Basuras rejas: 160 m³/a, almacenados en contenedores cerrados enviados a disposición final.

Tanto las Cámaras de Rejas como el Desarenador dispondrán de equipamiento auxiliar que permita desaguado de los residuos y arenas retirados, los cuales serán dispuestos en rellenos sanitarios autorizados por la SEREMI de Salud, conforme lo establecido en el Ordinario N°6014 y la Resolución N°5081 del MINSAL. (Punto 2.1.1.1 de la DIA)

Los lodos y aguas de lavado generados en las distintas unidades de tratamiento de la PTAP (además de parte de las aguas lluvias de un sector de la instalación) serán enviados a un estanque de eculización, a partir del cual se contempla un esquema de tratamiento consistente en espesamiento gravitacional, acumulación y desaguado por centrifugación. De esta forma, el sobrenadante de los espesadores y agua resultante del proceso de centrifugación del lodo se retornará a la cabecera de la planta, aguas arriba de la cámara de rejas. El lodo centrifugado (desaguado), será transportado y dispuesto en sitio autorizado (Punto 3.1 de la RCA).

Respecto de los volúmenes de lodos producidos, estos dependen de la concentración que alcancen los lodos en el sedimentador y/o agua de lavado del filtro. La concentración de sólidos que alcancen los lodos en el sedimentador depende de la frecuencia y de la forma en que estos son retirados, obteniéndose valores en el rango 0,2 a 2%. Para el caso del agua de lavado de los filtros, las concentraciones pueden variar entre 0,01 y 0,1%. En general se plantea que el volumen de lodos producidos en la sedimentación representa entre un 0,06 a un 0,25% del volumen de agua tratada. Para el caso del agua de lavado de los filtros este volumen está entre el 1 y el 5% del agua filtrada.

- Etapa I: caudal de tratamiento 250 L/s, lodos centrifugados entre 7,7 y 54 m³/d
- Etapa II: caudal de tratamiento 500 L/s, lodos centrifugados entre 14,4 y 108 m³/d

Monitoreo

El titular se compromete a realizar un Plan de Seguimiento Ambiental (PSA), el cual será enviado a la autoridad sectorial en forma trimestral.

Respecto a la componente agua se establece una medición para el “efluente”, pero por los parámetros se entiende que se refiere al agua potable producida. En la RCA no se mencionan efluentes a descargar a cuerpos receptores.

En relación a los lodos, se contempla los siguientes aspectos: (ver plan de seguimiento ambiental letra b y c de la RCA 468/2012):

- registro de cantidad mensual;
- medición mensual de siguientes parámetros: arsénico, fierro, manganeso y SST.

Por otra parte, en la RCA 468/2021, se obliga al Titular del proyecto a:

- No descargar los lodos generados en la PTAP Chamisero en el Canal Batuco (considerando 54.4);
- Los residuos peligrosos serán depositados en contenedores debidamente identificados y ubicados en un lugar acondicionado, para luego ser llevado a disposición final (considerando 5.5.2).

4.1.2.6 Planta de Agua Potable La Florida (Expediente 2049)

El proyecto “Planta de Agua Potable La Florida” (N°expediente 2049) del titular Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, fue ingresado al SEIA en el mes de Septiembre del año 1997, mediante una DIA y recibió su aprobación con fecha 8 de Enero de 1998 mediante Resolución Exenta N°007/98.

Descripción del Proyecto

El proyecto corresponde a una PTAP, ubicada en la comuna de La Florida. El terreno, posee una superficie de 21 hectáreas. Esta planta tendrá a partir de su puesta en operación, prevista para el segundo semestre de 1999, una capacidad máxima de producción de agua potable de 4 m³/s y será alimentada con aguas crudas del río Maipo a través del canal de la Luz o La Florida. Cuando no sea posible la alimentación mediante este canal, será alimentada desde el canal San Carlos, a través de una planta elevadora, ubicada en el costado poniente del sitio del proyecto.

Los procesos unitarios de la Planta de Agua Potable incluyen: captación, cribado, desarenado, predecantación, decantación, filtración, floculación, desinfección y almacenamiento.

Los productos químicos utilizados para la obtención de agua potable son: floculantes, polielectrolitos aniónico, polielectrolitos catiónicos, cloro líquido, flúor. La operación de la planta requiere además de instalaciones anexas. (ver detalles folio 000028 a 000030 del informe técnico de la DIA)

Manejo de residuos líquidos

No existen mayores antecedentes en los documentos revisados.

Manejo de residuos sólidos

Durante la etapa de operación, se retirará 3,3 m³/d de arena desde la planta, lo cual se realizará utilizando camiones cubiertos (ver folio 00009 de Res. Exenta 007/98). A parte de la medida antes señalada, se debe complementar con lo siguiente: El transporte de las arenas a los puntos de ventas de la Región Metropolitana, deberán ser en forma cerrada o tapada con lonas, con el objeto de evitar derrame del material o levantamiento de polvo (considerando 4.3.2 folio 00009 de Res. Exenta 007/98).

Monitoreo

Solamente se señala, que se fiscalizará la NCh409/1.Of2005_(folio 000032 informe técnico de la DIA).

4.1.2.7 Solución Sanitaria de Agua Potable y Aguas Servidas para la Concesión del Sector Panitao – ESSI S.A. (Expediente 2132812956)

El proyecto “Solución Sanitaria de Agua Potable y Aguas Servidas para la Concesión del Sector Panitao - ESSI S.A” (N°expediente 2132812956) del titular Empresa de Servicios Sanitarios San Isidro S.A. (ESSI S.A.) fue ingresado al SEIA en el mes de Octubre 2017, mediante una DIA, y fue calificado favorablemente con fecha 10 de Septiembre 2018, mediante RCA N°259/2018.

Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en entregar los servicios sanitarios de suministro de agua potable y tratamiento de aguas servidas, al sector Panitao para atender el área de extensión urbana denominada “Sector Panitao”, Comuna de Puerto Montt.

La PTAP considera las obras, equipos e infraestructura necesaria para la producción de agua potable, siendo los principales: pozos de captación agua, estanques de regulación y

almacenamiento, sistema de eliminación de hierro y manganeso, el sistema de dosificación de productos químicos para potabilización, y la planta elevadora (planos en Anexo 3.2 de la DIA). La PTAP constará de dos subfases (subfase 1 y subfase 2) de implementación.

Se proyecta una captación total de agua subterránea de aproximadamente 120 L/s los cuales se abastecerán de pozos existentes y otros pozos futuros. En la Tabla 3.3 de la DIA se precisa la ubicación de tres de los pozos a utilizar a la subfase 1 y corresponden a un pozo profundo existente fuera del recinto de la PTAP de 20 L/s, un pozo profundo alumbrado en el recinto PTAP de 30 L/s, y se materializará uno futuro de 20 L/s, aproximadamente (ver detalles numeral 4.6.3 del informe Sistema de Remoción de Hierro–Manganeso. Las aguas subterráneas del sector presentan concentraciones de hierro y manganeso cercanas al nivel máximo permitido por la NCh409/1.Of2005. Para la remoción de estos elementos, es necesario el suministro de filtros en presión que permitan remover estos compuestos una vez que precipiten mediante reacciones físico-químicas de oxidación y floculación. Los consumos de oxidantes y producción de lodos según el material a remover se presentan en la Tabla N°3.41, de la DIA. El lecho filtrante está compuesto principalmente por gravas, arenas y antracitas seleccionadas y distribuidas de forma tal que permitan una óptima capacidad de remoción. Al final del periodo de previsión, se contempla un total de 12 filtros. No obstante, al inicio del proyecto en la subfase 1 se consideran sólo 3 unidades filtrantes de las cuales se encuentran dos unidades ya instaladas. Para un proceso óptimo, la tasa de filtración de diseño por unidad será de 170 m³/m²/d. Por su parte, el lavado de cada filtro se realizará cada 24 horas, durante 10 minutos, y a una tasa de 10 L/s/m², por lo que se requerirá un caudal de lavado de aproximadamente 49 L/s (puede fluctuar en un rango entre 40 y 50 L/s). Las aguas del proceso de retrolavado de filtros serán dispuestas al alcantarillado, para ser tratadas en la PTAS junto a las aguas residuales domésticas.

En relación al tratamiento propiamente tal, se contempla un sistema de dosificación de productos químicos. El proyecto contempla los sistemas de cloración y fluoración para la potabilización de las aguas. Además, se suministrará hipoclorito de sodio como oxidante para las aguas crudas de los pozos, previo al ingreso a los filtros en presión, junto con cloruro férrico como coagulante para la formación de flóculos que permitan remover el hierro y el manganeso de las aguas. Se contempla un sistema de fluoración sobre la base de ácido fluorsilícico. Se contempla además un sistema de coagulación sobre la base de cloruro férrico. (Punto 4.5.1 de la RCA).

Manejo de residuos líquidos

Con respecto al volumen del agua de retrolavado de los filtros para la PTAP, que fluctuará entre los 30 y 37 m³ y serán dispuestas al alcantarillado, para ser tratadas en la PTAS. (Punto 4.5.2 de la RCA).

En todo caso la RCA en su punto 4.5.1 indica que *“El proyecto no entregará el servicio de tratamiento de riles ni de aguas de camiones limpiafosas en la PTAS, por lo que las industrias no podrán conectarse a la red de alcantarillado.”*

Manejo de residuos sólidos

En relación a los residuos sólidos, solamente se mencionan envases de productos químicos utilizados y una cantidad menor de residuos asimilables a domiciliarios. El detalle de cantidades y tipos de residuos para las diferentes subfases se presenta en la Tabla N°4.7.6.2 del ICE.

Monitoreo

No se visualizaron requerimientos al monitoreo de la PTAP que tengan relación con el manejo de residuos sólidos y/o líquidos.

4.2 Comparación de las RCA con la normativa internacional

En el presente capítulo se comparan las exigencias medioambientales de las RCA revisadas considerando la normativa internacional según tecnología de producción de agua potable. Para ello se sugiere elaborar una matriz (simplificada) de exigencias en donde se puede realizar dicha comparación con cada una de las PTAP nacionales consideradas.

4.2.1 PTOI – Agua de mar

Se revisaron seis expedientes correspondientes a cuatro PTOI de agua de mar que descargan al mar, sea dentro o fuera de la ZPL. Usualmente se estableció en la RCA el cumplimiento del D.S. MINSEGPRES N°90/2000 en combinación con un programa de vigilancia ambiental del medio marino, tal como se señala en la tabla que sigue. Lo anterior en base a las evaluaciones individuales de cada proceso de evaluación del impacto ambiental.

Tabla N°4.8:
Resumen exigencias para descarga al mar PTOI revisadas

Fuente: Elaboración propia

Región	Nombre	Año Expediente	Código de Obra	Exigencias a la descarga
Tarapacá	Planta Desaladora de Pisagua	2017 2131009490	No realizado	Descarga al mar dentro ZPL. RCA contempla el siguiente Programa de Monitoreo: diariamente: medición de caudal mensualmente: SST, cloruros, pH y temperatura anualmente: caracterización de los parámetros incluidos en la tabla N°4 D.S. MINSEGPRES N°90/2000.
Antofagasta	Ampliación Planta Desaladora Norte	2148759270	43034105001	Descarga al mar fuera ZPL. RCA contempla el cumplimiento del D.S. MINSEGPRES N°90/2000, sin indicar Programa de Monitoreo.
	Actualización y Ampliación Planta Desaladora La Chimba	2014 2128416027		Descarga al mar fuera ZPL. RCA no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos de la descarga. RCA solicita la ejecución del PVA de la columna de agua en la zona de descarga de salmuera.
	Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta	2001 3951		Descarga al mar fuera ZPL. RCA considera plan de muestreo con una serie de parámetros que también se aplicarán a las aguas de rechazo. Eventualmente fue mal redactado.
Antofagasta	Planta Desaladora Tocopilla	2016 2130243154	Construida durante el año 2020	Descarga al mar fuera ZPL. Se dará cumplimiento a la tabla N°5 del D.S. MINSEGPRES N°90/2000.
Atacama	Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama	2014 2130018787	Recientemente construida	Descarga al mar fuera ZPL. RCA N°155/2016 indica "el efluente proveniente de la PTOI consiste en salmuera, el cual dará cumplimiento a los límites máximos establecidos en el D.S. MINSEGPRES N°90/2000, Tabla N°5"

La descarga al mar de la salmuera generada en las PTOI que usan agua de mar es una práctica habitual en todos los países que las implementan. En ningún país que impulsan esa tecnología (ej. Singapur, Israel, España) se han encontrado exigencias que limitan esta práctica, a excepción de ciertas áreas protegidas (ej. áreas de protección ambiental, o áreas de extracción de recursos

hidrobiológicos). Incluso hay ejemplos de PTOI israelís que descargan en la zona de la playa, sin siquiera necesidad de un emisario submarino.

4.2.2 PTOI – Agua salobre

Se revisaron siete expedientes correspondientes a cinco PTOI que utilizan agua salobre. Las descargas del rechazo se manejan de manera diferente. Tres plantas descargan directamente a aguas superficiales (Pago de Gómez en conjunto con Desalinizadora Lluta, Diego de Almagro), mientras que las dos restantes generan una mezcla con el efluente de la PTAS de la localidad previa la descarga al cauce superficial (Plantas Nantoco y Placilla en Atacama).

En las diferentes épocas, los criterios de la SISS utilizados durante la tramitación ambiental fueron variando. Para la desaladora Lluta, la SISS da a entender que el rechazo cumpliría las características de un RIL, mientras que diez años más tarde, en las evaluaciones realizadas en Atacama, indica que no existe normativa aplicable a las aguas de descarte de las plantas de tratamiento de agua potable.

De este modo, y dependiendo de año de la calificación, se entiende que las RCA establecen diferentes requisitos, que están resumidos en la tabla que sigue. En el caso de las dos PTOI de Arica, éstas tienen una sola descarga conjunta, con un monitoreo trimestral de las aguas de descarte, aunque el principal enfoque del monitoreo son las aguas y biota del humedal de desembocadura del río Lluta. Para la PTOI de Diego de Almagro, se supone que la calidad natural del cauce receptor del río Salado presenta concentraciones superiores a la descarga, a excepción del arsénico para el cual se consideró una etapa de abatimiento especial. Las PTOI de Nantoco y Placilla en cambio solamente controlan la calidad de rechazo, estableciendo ciertos límites en algunos parámetros, además del cumplimiento de los límites máximos permisibles a la PTAS y unos pocos parámetros que se deben cumplir en la mezcla.

Tabla N°4.9:
Resumen exigencias para descarga de PTOI que utilizan agua salobre

Fuente: Elaboración propia

Región	Nombre	Año Calificación	Expediente	Código de Obra	Exigencias a la descarga
Arica y Parinacota	Mejoramiento de Calidad del Agua Sistema de Producción Lluta Bajo Sistema de Abatimiento de Manganeseo y Fierro (abandonado)	2000	2446	10_501_01	RCA establece que "las aguas de descarte y las aguas del cuerpo receptor serán monitoreadas en los meses de Febrero, Mayo, Agosto y Noviembre". (La SISS se pronunció sobre las aguas de descarte mediante Ord. N°2928 del 29 de Noviembre de 1999, dando de entender que se entenderán como RILES a las aguas de descarte, según definición de la caracterización equivalente a las aguas servidas de una población de 100 personas.)
	Aguas de Descarte en el Curso Bajo del Río Lluta	1999	1552		Descarga a aguas fluviales (estuario). Sin exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos de la descarga. Hay compromisos voluntarios de monitoreo de la calidad de las aguas en la desembocadura (entre otros).
	Ampliación de la Capacidad de Producción de Agua Potable en Arica; Captaciones Costeras Sondajes Lluta Bajo y Planta Desalinizadora	1997	38		Descarga al alcantarillado: Sin exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos de la descarga. (la descarga de agua de lavado de plantas de agua potable no se encuentra sujeta al control de residuos industriales líquidos según Ord. SISS N°639 del 14/04/1997)

Arica y Parinacota	PTAP Recinto Pago de Gómez	2011	6217200	10_502_02	Descarga unificada con planta desalinizadora Lluta. RCA N°14/2012 no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos de la descarga.
Atacama	PTAP de Osmosis Inversa Planta Nantoco	2010	5012820	No realizado	Descarga en conjunto en efluente de la PTAS Tierra Amarilla. De acuerdo al ordinario SISS N° 3409/10, no existe normativa aplicable a las aguas de descarte de las plantas de tratamiento de agua potable, Aguas Chañar se compromete a mantener un nivel de los parámetros establecidos. No obstante lo anterior, en el caso que se dicte una norma de emisión aplicable a dicho efluente, el proyecto deberá dar cumplimiento a dicha norma en los plazos que ésta establezca. Hasta esa fecha, el proyecto deberá velar porque las características de las descargas correspondan exclusivamente a las del normal funcionamiento de la PTOL, sin que se observe un deterioro de su calidad en el tiempo. (Punto 3.7.2 de la RCA). Contempla muestreos compuestos trimestrales de agua cruda, alimentación proceso de osmosis y rechazo (parámetros: cloruros, sulfatos, TDS, arsénico, cianuro, magnesio, manganeso, SST, SSed).
Atacama	PTAP de Osmosis Inversa Planta Placilla	2010	4628717	50202	Descarga en conjunto en efluente de la PTAS Copiapó. RCA N°50/2011 establece monitoreo trimestral a caudal de rechazo (parámetros: cloruros, sulfatos, TDS, arsénico, cianuro, magnesio). Para el efluente de la PTAS se contempla muestreo semanal de la mezcla.
Atacama	Planta de osmosis inversa para el agua potable de Diego de Almagro	2002	6093	50201	Descarga al río Salado: RCA N°16/2003 contempla análisis mensual del rechazo descargado según D.S. MINSEGPRES N°90/2000.

Los requisitos para la descarga directa a cauces superficiales en las normativas internacionales revisadas son muy variables. Generalmente, las aguas de lavado o de rechazo de plantas de tratamiento de agua potable se consideran aguas residuales por haber sido modificadas en sus propiedades y por lo tanto requieren algún tipo de permiso para su descarga.

En los países europeos rige la normativa comunitaria y por tanto el objetivo de describir el estado de estos cuerpos de agua, definir criterios de calidad y establecer como política que su calidad no debe empeorarse. En los países europeos revisados, los criterios de descarga no se fijan a nivel nacional, sino más bien regional o, incluso, a nivel provincial pudiendo variar para cada cuerpo receptor. El caso más claro es el de España, donde se establece que se deben fijar los límites teniendo en cuenta las mejores técnicas disponibles, y que una vez hecho esto se debe analizar si son compatibles con la consecución de las normas de calidad ambiental del medio receptor, en caso contrario se deben establecer límites más rigurosos. En este país existe la práctica de dilución de salmuera con aguas servidas tratadas, al igual que en algunos casos chilenos, entre

otras prácticas, donde las aguas mezcladas resultantes también cumplen los requisitos en términos de calidad para la descarga. En Europa, el destino preferido de salmueras probablemente es el alcantarillado público, al igual que en Canadá (Ontario), donde no se permite su descarga a aguas superficiales. En Israel se tiene una especial preocupación de no aumentar la salinidad en los cauces superficiales, y donde se ha establecido una serie de normas sobre separación de salmueras de los efluentes con menor salinidad. Ahí por ejemplo, ni siquiera se puede descargar salmuera al alcantarillado público, si la descarga final no se realiza en el mar. Existen servicios de recolección de salmuera con camiones y emisarios dedicados de descarga de salmuera al mar.

4.2.3 Tratamiento convencional

Se revisaron ocho expedientes de ocho PTAP con tratamiento convencional. En ningún caso se evidenciaron descargas a cauces superficiales. Existe la tendencia de evitar dichas descargas durante la tramitación ambiental, aunque el proyecto inicial así lo consideraba. Frecuentemente las aguas de retrolavado son recirculadas a la cabecera del tratamiento una vez que los lodos hayan sido separados. En otros casos, se considera la descarga al alcantarillado de dichas aguas.

Tabla N°4.10:
Resumen exigencias para PTAP con tratamiento convencional

Fuente: Elaboración propia

Región	Nombre	Año	Expediente	Código de Obra	Exigencias a la descarga
Tarapacá	Planta abatidora de arsénico para el agua potable de Pisagua	2002	5967	80_501_01	No hay descarga, dado que las aguas son recirculadas. Una fracción menor se utiliza en riego. La RCA 201/2002 no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.
Tarapacá	Sistema de Tratamiento de Agua Potable El Carmelo	2015	2131013104		No hay descarga, dado que las aguas son recirculadas. La RCA N°000042/2016 no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.
Tarapacá	Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Alto Hospicio, Región de Tarapacá (Sitio A)	2011	5480483		No hay descarga, dado que el agua de descarte será descargada a dos lagunas de evaporación. La RCA no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.
Metropolitana	Implementación de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Agua Potable Reina Norte, Colina	2019	2135203783		Descargará al alcantarillado. La RCA no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.
Metropolitana	Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Hacienda Batuco	2014	7822145		No hay descarga (tratamiento consistiría de desinfección solamente). La RCA no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.
Metropolitana	Planta de Tratamiento de Agua Potable Chamisero	2012	6089108	92105004	No genera descarga, sobrenadante es recirculado a la cabecera de la planta. La RCA no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.
Metropolitana	Planta de Agua Potable La Florida	1998	2049	076105006	No se visualizaron antecedentes sobre el manejo de los efluentes de la PTAP.
Los Lagos	Solución Sanitaria de Agua Potable y Aguas Servidas para la Concesión del Sector Panitao – ESSSI S.A.	2018	2132812956	PTAP-PANITAO-1	Se descarga al alcantarillado. La RCA no establece exigencias en cuanto a límites máximos permisibles ni a monitoreos.

En la mayoría de los países revisados, no existen impedimentos para la descarga a aguas superficiales o al alcantarillado público para los efluentes provenientes de PTAP con tratamiento convencionales. En Alemania, frecuentemente es suficiente una etapa de decantación para que el sobrenadante pueda ser descargado. En este país, al igual que en Austria hay normas para las descargas de PTAP a aguas superficiales, donde principalmente se limitan los SST a una concentración de 50 mg/L (Austria: 30 mg/L). Suiza es un poco más exigente con 20 mg/L y donde a veces se requiere un tratamiento de membranas para cumplir con este límite.

La descarga al alcantarillado público, puede que requiera algún tipo de permiso, pero no se encontraron impedimentos para para descarga indirecta de efluentes de las PTAP. Los requisitos a la descarga de lodos (aguas de retrolavado) pueden variar y normalmente están en manos de los municipios si pueden ser descargados o no. Hay países con requisitos más estrictos que el D.S. MOP N°609/98, tales como Austria, que limita los SST a 150 mg/L. En el otro extremo está Canadá (Ontario) que permite expresamente la descarga al alcantarillado público de los lodos de sistemas de remoción de hierro y manganeso. También el caso de Singapur, que permite 400 mg/L, pero hasta 6.000 mg/L con convenio.

4.3 Determinación de brechas

En el presente capítulo se determinan las brechas existentes en el país respecto de las exigencias en países de referencia para el manejo, disposición y/o reúso de los residuos líquidos y/o lodos generados en el proceso de producción. Lo anterior en base a la comparación de las RCA con la normativa internacional.

En términos generales se tiene que:

- A nivel internacional, las PTAP frecuentemente no se tienen que someter a procesos de evaluación de impacto ambiental, lo anterior en comparación con el Reglamento del SEIA, que exige evaluación del impacto ambiental para sistemas de agua potable que comprendan obras que capten y conduzcan agua desde el lugar de captación hasta su entrega en el inmueble del usuario, considerando los procesos intermedios, y que atiendan a una población igual o mayor a diez mil (10.000) habitantes. En este aspecto la normativa chilena es más estricta que la normativa de los países revisados.
- Sobre todo en los países europeos, la normativa ambiental en general obliga a implementar procesos acorde al estado de arte o, incluso, acorde a las mejores técnicas disponibles, que frecuentemente son establecidas por organismos técnicos no gubernamentales. Chile carece de esta forma de autorregulación por un lado y por otro lado entrega a las empresas sanitarias mayores libertades en elegir los procesos de tratamiento que estimen convenientes, aplicando casi exclusivamente estímulos económicos a través de los proceso de fijación de tarifas. Lo anterior implica que la industria implementará la solución más económica que dé cumplimiento a los requisitos normativos.
- En la mayoría de los países revisados, se encontró la prohibición de descarga de residuos sólidos o sustancias potencialmente peligrosas a aguas superficiales. Estos requisitos son generales y también existen en Chile.
- Es común en los países revisados que cualquier tipo de descarga de agua o aguas residuales requiere de un permiso. La definición de “descarga” o de “aguas residuales” puede ser más amplia que los conceptos que se manejan en Chile. En Suiza por ejemplo el concepto de agua residual aplica a cualquier agua cuyas propiedades hayan sido modificadas (incluyendo aguas lluvia que generan escorrentía). En este sentido, los

permisos que aplican a una descarga, por ejemplo en Alemania, exceden los permisos previstos por el Código de Aguas o el Código Sanitario (Art. 71 y 72) ya que se refieren a cualquier descarga existiendo una “obra” de descarga o no. El concepto chileno de “obra” también es contenido en el D.S. MINSEGPRES N° 46/01, en donde la existencia de dicha obra es pre-requisito de aplicabilidad de esta norma de emisión.

- En los países revisados no se han encontrado pistas que eximan las descargas provenientes de PTAP de las normas de emisión generales, ya que estas están cubiertas por el concepto general que cualquier tipo de descarga requiere de un permiso y/o debe cumplir con las normas de emisión. En algunos países (Alemania, Austria, Suiza) se han encontrado normativas específicas para las descargas de PTAP o límites máximos permisibles menos estrictos en comparación con las normas de emisión generales. En este sentido, la práctica chilena actual, de no considerar las PTAP como fuentes emisoras está en contraposición con la experiencia internacional revisada.
- En concordancia con lo anterior, en los países revisados tampoco se han encontrado indicios de que las aguas de retrolavado puedan ser descargadas a aguas superficiales sin tratamiento previo que permita disminuir la carga de sólidos. En Alemania, la norma de emisión exige que dichas aguas deben ser recirculadas en el proceso. En Canadá (Ontario) también se hace mención expresa a que dichas aguas requieren de un proceso de clarificación previa a su descarga en aguas superficiales.

Para los casos más específicos se tiene que:

- PTAP con tecnologías tradicionales:
 - Manejo de lodos: Los residuos generalmente son considerados no peligrosos y existe una serie de posibilidades de valorización o disposición final. No consideramos que existan brechas relevantes, aunque buena parte de los países estudiados tengan normativas y vías de reciclaje más avanzadas en comparación con la realidad chilena.
 - Manejo de efluentes: Para los efluentes que no se pueden evitar existen vías de descarga, sea al alcantarillado público o en aguas superficiales o subterráneas. Generalmente aplican normativas de descarga genéricas, raras veces específicas. La relativa ausencia de regulaciones específicas a nivel internacional para los efluentes provenientes de PTAP es un claro indicador que las descargas pueden ser controladas de manera aceptable a través de las normas genéricas. La no aplicación de normas de descarga en Chile, por no considerar las PTAP como fuentes emisoras es una brecha relevante.
- PTAP con tecnologías no-tradicionales:
 - Manejo de sólidos gruesos (rejas y desarenadores): Usualmente son dispuestos en vertederos o rellenos sanitarios, lo que coincide con la práctica internacional. La venta de arenas, tal como se ha propuesto para la PTAP La Florida va en concordancia con la política preferente de valorización de residuos antes de su disposición final.
 - Manejo de lodos: Usualmente son dispuestos en vertederos o rellenos sanitarios. A nivel internacional se busca una valorización de estos lodos, lo que sin embargo requiere la existencia de vías de valorización, que son más difíciles de visualizar en Chile. La descarga de las aguas de retrolavado al alcantarillado público, tal como se propone en algunas de las RCA revisadas, tal vez no sea una solución ideal. Pero el uso de los lodos en las PTAS si es una tecnología aceptada internacionalmente.

- Manejo del efluente: A excepción de las plantas que evaporan o descargan los retrolavados al alcantarillado se ha visto que las aguas se devuelven a la cabecera de la planta, lo que parece adecuado en relación con la experiencia internacional recogida.

4.4 Proposición de aspectos técnicamente factibles de implementar en el futuro

A continuación se realiza un breve análisis crítico de las exigencias que sean factibles de implementar en Chile y se incluirán propuestas de mejoras y recomendaciones que se deberían implementar en las plantas de agua potable en Chile para el manejo de dichos residuos.

En términos generales se tiene que:

- Las PTAP con tecnologías tradicionales no presentan brechas relevantes en relación al manejo de los efluentes y residuos que generan en el proceso de potabilización, por lo cual no se requieren elaborar propuestas de mejoras o recomendaciones.
- En Chile, las descargas de las PTOI al mar necesariamente requieren someterse a evaluación de impacto ambiental. Tradicionalmente, estas evaluaciones se han realizado de manera muy detallada por los organismos competentes, además de los planes de vigilancia ambiental medio marino que usualmente se establecen. De este modo, y en concordancia con la opinión científica general (ej. Zarzo (2017)), en la descarga de las salmueras de agua de mar no debería representar un problema si se realiza correctamente, atendiendo a los requerimientos de los estudios de impacto ambiental y con un seguimiento ambiental posterior. Considerando lo anteriormente expuesto, no se considera necesario elaborar propuestas de mejoras o recomendaciones para las descargas al mar.
- Las descargas a aguas superficiales continentales de las PTOI u otras tecnologías que generan un rechazo o retrolavado salino o enriquecido en sustancias específicas son muy susceptibles de no cumplir con los límites máximos permisibles del D.S. MINSEGPRES N°90/00, Norma de Emisión Descarga Residuos Líquidos a Aguas Marinas y Continentales Superficiales. La opinión científica general indica que para las descargas de salmuera a aguas superficiales continentales “todavía no existe un modelo de gestión sostenible y económicamente viable. Adicionalmente, la posible presencia de elementos tóxicos en el agua tratada, que pasarán al rechazo y serán concentrados tras el proceso, puede generar una problemática a estos vertidos de difícil solución” (Zarzo, 2017:27).

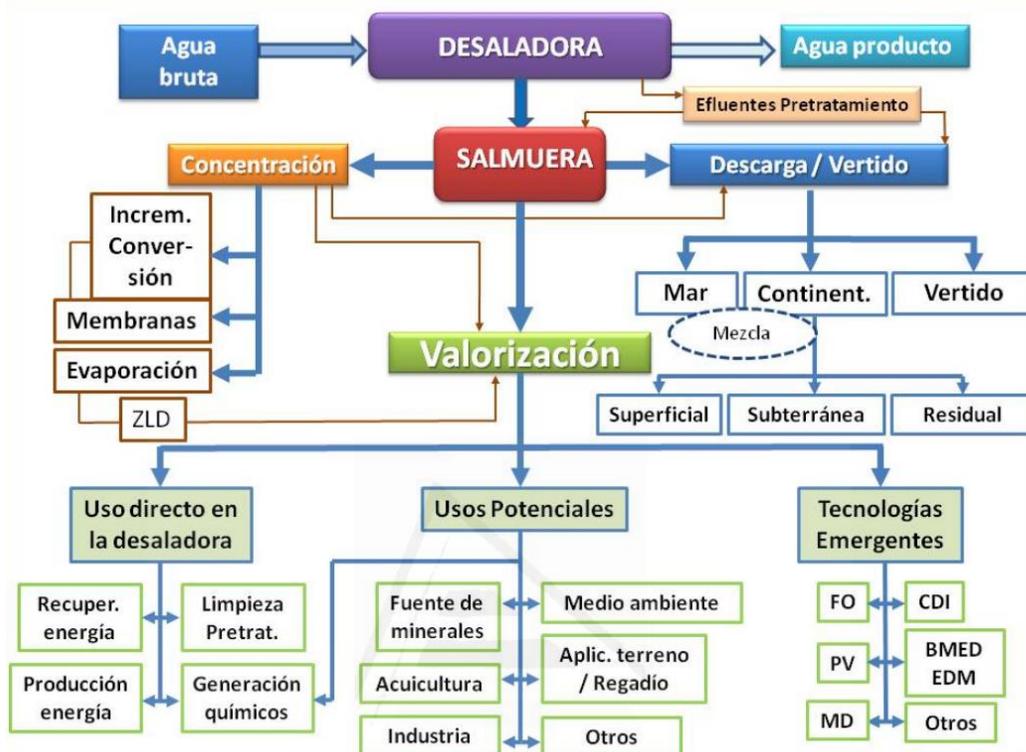
Alternativas de manejo de salmuera

A continuación se presenta un diagrama con los posibles destinos de las salmueras de desalación. Las opciones principalmente son las siguientes:

- Descarga a un cuerpo receptor;
- Concentración; o
- Valorización.

Figura N°4.8:
Posibles destinos de las salmueras de desalación

Fuente: Zarzo (2017)



En términos generales, la cantidad y composición del rechazo producido en PTOI que utilizan agua salobre varía ampliamente de planta a planta. La evaluación por lo tanto debe ser caso a caso. En términos generales, se tiene las siguientes conclusiones sobre las tecnologías anteriormente indicadas:

De acuerdo a lo señalado por Zarzo (2017), la concentración de la salmuera requiere el empleo de fuentes energéticas importantes. La evaporación natural en lagunas parece ser una solución solamente para plantas pequeñas. A juicio del investigador, la tecnología de evaporación-cristalización parece ser únicamente viable si va asociada a sistemas donde pueda recuperarse calor o vapor residual debido al alto consumo energético del proceso. El proceso aún requiere estudios que permitan examinar todos los aspectos económicos del proceso (principalmente consumo de energía).

En relación a la valorización, Zarzo (2017) ha realizado una revisión bibliográfica y de alternativas para la valorización de salmueras, tales como:

- la producción de sal para la industria alimentaria a partir de salmuera de agua de mar
- la restauración ambiental de humedales
- los usos industriales (regeneración de resinas, electrocloración, etc.)
- el control de heladas en carreteras, autopistas, calles, etc.
- la obtención de diferentes sales y productos químicos

Considerando la ubicación de plantas relevantes en Chile las industrias presentes en el norte del país a priori no se ve factibilidad de que el rechazo pueda ser empleado en lo ahí señalado.

Por lo tanto, el análisis general es que la gestión de salmueras de desaladoras de agua salobre en zonas interiores del país representa a un problema no menor debido a que todavía no existe una solución universal que sea técnica y económicamente viable.

Queda por lo tanto exclusivamente la descarga, tal como se realiza en una serie de los países objeto del presente estudio. Sin perjuicio de lo anterior, para el caso chileno se podría considerar el uso de la salmuera en aplicaciones mineras que abundan en el norte del país.

5 Propuesta de Programas de Control

En el presente capítulo se presentan las propuestas de programas de monitoreo. Además de una lista de chequeo que puede ser utilizada en el marco de un programa de control fiscalizable por la SISS relacionado con el manejo, disposición, reúso de los residuos líquidos o lodos.

5.1 Elaboración de una propuesta de programa de monitoreo

Se elaborará un propuesta de programa de monitoreo específico para cada una de las PTAP que fueron revisadas. Tal como se puede observar en la tabla que sigue, se revisaron 21 expedientes, correspondientes a 17 plantas.

Tabla N°5.1:

Expedientes revisados y programas de monitoreo a elaborar

Fuente: Elaboración propia

Región	Tipo	Nombre	Año	RCA	Código Obra	Programa de Monitoreo
Arica y Parinacota	PTOI	Mejoramiento de Calidad del Agua Sistema de Producción Luta Bajo Sistema de Abatimiento de Manganeso y Hierro	2000		10_501_01	Se elabora una sola propuesta de programa de monitoreo (descarga común)
	PTOI	Aguas de Descarte en el Curso Bajo del Río Luta	1999		10_502_01	
	PTOI	Ampliación de la Capacidad de Producción de Agua Potable en Arica; Captaciones Costeras Sondajes Luta Bajo y Planta Desalinizadora	1997		10_502_01	
	PTOI	PTAP Recinto Pago de Gómez	2011		10_502_02	
Tarapacá	PTOI	Planta Desaladora de Pisagua	2017			No se elabora (proyecto no fue realizado)
Tarapacá	PTAP	Planta abatidora de arsénico para el AP de Pisagua	2002		80_501_01	No se elabora (no hay descarga, se recircula)
Antofagasta	PTOI	Ampliación Planta Desaladora Norte	2021			Se elabora una sola propuesta de programa de monitoreo
	PTOI	Actualización y Ampliación Planta Desaladora La Chimba	2014		43034105001	
	PTOI	Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta	2001		43034105001	
Antofagasta	PTOI	Planta Desaladora Tocopilla	2016			Se elabora
Atacama	PTOI	PTAP de Osmosis Inversa Planta Nantoco	2010			No se elabora (proyecto no fue realizado)
Atacama	PTOI	PTAP de Osmosis Inversa Planta Placilla	2010		50202	No se elabora (considerando en la RPM de la PTAS)
Atacama	PTOI	Planta de osmosis inversa para el AP de Diego de Almagro	2002		50201	Se elabora
Atacama	PTOI	Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama	2014			Se elabora
Tarapacá	PTAP	Sistema de Tratamiento de Agua Potable El Carmelo	2015			No se elabora (no hay descarga, se recircula)
Tarapacá	PTAP	Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de Alto Hospicio (Sitio A)	2011			No se elabora (no hay descarga, se evapora)
Metropolitana	PTAP	Implementación de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Agua Potable Reina Norte, Colina	2019			Se elabora (descargará al alcantarillado)
Metropolitana	PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Hacienda Batuco	2014			No se elabora (no hay descarga)
Metropolitana	PTAP	Planta de Tratamiento de Agua Potable Chamisero	2012		92105004	No se elabora (no hay descarga, se recircula)
Metropolitana	PTAP	Planta de Agua Potable La Florida	1998		076105006	No se elabora (No se tienen antecedentes)
Los Lagos	PTAP	Solución Sanitaria de Agua Potable y Aguas Servidas para la Concesión del Sector Panitao – ESSSI S.A.	2018		PTAP-PANITAO-1	Se elabora (descarga al alcantarillado)

Finalmente, se propondrán siete programas de monitoreo, considerando que algunas plantas no generan descargas o nunca fueron construidas. Para aquellas plantas con tecnología tradicional, se propondrá un programa genérico, tanto para descarga a aguas fluviales con y sin dilución.

Dichos programas de monitoreo se presentan en el Anexo A.

5.2 Lista de chequeo

En conjunto con el programa de monitoreo se entrega una lista de chequeo simple que pueda apoyar a las actividades de fiscalización. Dicha “check-list” se presenta en el Anexo B de este informe.

6 Bibliografía

La bibliografía utilizada en la elaboración del presente informe se entrega también en formato digital (Anexo E), siempre y cuando se cuente con los permisos del autor correspondientes y que estuviese disponible en ese formato.

Capítulo 2

Ahumada, G. (2021): Tecnologías especiales: Oxidación, Adsorción y Procesos de Membrana. Curso de capacitación “Tratamiento y Calidad del Agua Potable”, organizado por AIDIS Capítulo Chileno, 21 y 22 de Octubre de 2021. Santiago de Chile

Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G. - ANDESS (2019): Sistemas de Agua Potable Rural Verano 2019. Santiago de Chile.

Asociación Nacional de Empresas de Servicios Sanitarios A.G. - ANDESS (2021): Cuenta pública 2020. Santiago de Chile.

Ifarle Ingenieros Civiles Consultores – IFARLE (2012): Análisis de Normativa Internacional para la Disposición de Aguas Residuales de Plantas de Tratamiento de Agua Potable. Informe final REV C de fecha 17/04/2021, elaborado para la SISS. Santiago de Chile.

Laboratorio de Análisis Territoriales de la Universidad de Chile – LAT (2016): Estado del Arte y Desafíos en los Servicios Sanitarios Rurales. Informe Final. Santiago de Chile.

Silvia Saravia Matus, Marina Gil, Elisa Blanco, Alba Llavona y Lisbeth Naranjo - CEPAL (2020): Desafíos hídricos en Chile y recomendaciones para el cumplimiento del ODS 6 en América Latina y el Caribe, LC/TS.2020/134, Santiago de Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios – SISS (2021a): Informe de Gestión del Sector Sanitario 2020. Santiago de Chile.

Superintendencia de Servicios Sanitarios – SISS (2021b): Bases Técnicas Estudio sobre Experiencias y Exigencias Internacionales en el Manejo de Residuos de las Plantas de Producción de Agua Potable. Santiago de Chile.

Capítulo 3

Alemania

Bundesamt für Strahlenschutz – BFS (2021): Rückstände aus der Trinkwasseraufbereitung, disponible en <https://www.bfs.de/EN/topics/ion/environment/residues/norm/fachinfo-tw-aufbereitung.html> (accedido el 5/11/2021).

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.v. -DVGW (2020): Residues and By-Products of Drinking Water Treatment Plants; Part 1: Principles for Planning and Operation. ISSN 0176-3504. Febrero 2020. Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.v. -DVGW (2010): Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen; Teil 2: Behandlung. ISSN 0176-3504. Abril 2010. Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.v. -DVGW (2014): Rückstände und Nebenprodukte aus Wasseraufbereitungsanlagen; Teil 3: Vermeidung, Vermarktung und Verwertung. ISSN 0176-3504. Julio 2014. Bonn.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.v. -DVGW (2016): Residues and By-Products of Drinking Water Treatment Plants; Part 4: Use of Backwash Waters from Drinking Water Purification. ISSN 0176-3504. Marzo 2016. Bonn.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. – DWA (2009): Merkblatt DWA-M 273 Einleiten und Einbringen von Rückständen aus Anlagen der Wasseraufbereitung in Abwasseranlagen, Mai 2009, Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. – DWA (2016): Im Klartext – Wasser: Zahlen und Fakten, 1. Auflage, Hennef, disponible en: https://de.dwa.de/files/_media/content/DIVERSES/FlippingBook11/Klartext-Zahlen-Fakten-Wasser/Klartext-Zahlen-Fakten-Wasser/index.html (accedido el 23/10/2021).

Lipp, P.; Dammann, E. (2013): Wasserwerksrückstände – Ergebnisse einer Umfrage 2012, energie/wasser-praxis – DVGW-Jahresrevue 12/2013, 42-48.

Bayrisches Landesamt für Umwelt – LFU (2009): Natürliche Radionuklide in Rückständen aus der Trinkwasseraufbereitung, Teil II Abschlussbericht zum 31.03.2008.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall – LAGA (2003): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln für die Verwertung, Allgemeiner Teil.

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall – LAGA (2004): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen – Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden).

Statistisches Bundesamt – Destatis (2018a): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Strukturdaten zur Wasserwirtschaft 2016. Fachserie 19 Reihe 2.1.3.

Statistisches Bundesamt – Destatis (2018b): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Wasserversorgung 2016. Fachserie 19 Reihe 2.1.1.

Statistisches Bundesamt – Destatis (2018c): Nichtöffentliche Wasserversorgung und nichtöffentliche Abwasserentsorgung 2016. Fachserie 19 Reihe 2.2.

Statistisches Bundesamt – Destatis (2021): Anschlussgrad sowie Wasserabgabe an Haushalte, gewerbliche und sonstige Abnehmer. Datos al 15/10/2021, disponible en <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Wasserwirtschaft/Tabellen/ww-01-wasserabgabe1991-2019.html> (accedido el 23/10/2021).

Tuczinski, M.; Stettner, D.; Egner, S. (2021): Status quo: verfahrenstechnische Optionen, Abschlussbericht Arbeitspaket 1, Projektergebnisses des BMBF-Verbundprojekts KonTriSol, März 2021.

Suiza

Blanc, P.; Schädler, B. (2013): Das Wasser in der Schweiz – ein Überblick. Schweizerische Kommission, Bern.

Bundesamt für Gesundheit – BAG (2010): Anerkannte Aufbereitungsverfahren für Trinkwasser. BAG-Publikationsnummer: VS 08.10 1200 d 400 f 100i 40EXT1011

Bundesamt für Statistik – BFS (2021): Umwelt Taschenstatistik 2021.

Bundesamt für Umwelt (2019): Berichterstattung nach VVEA. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA)

Cendón, V.; Karadolami, E.; Rusterholz, M. (2009): Seewasserwerk Männedorf. 2009.

Hügi, M.; Gerber, P. et al. (2008): Abfallwirtschaftsbericht 2008. Zahlen und Entwicklungen der schweizerischen Abfallwirtschaft 2005–2007. Umwelt-Zustand Nr. 0830. Bundesamt für Umwelt, Bern. 119 p.

Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches – SVGW (2015): Branchenbericht der schweizerischen Wasserversorgung

Austria

Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie – BMKJEMIT (2021): Die Bestandsaufnahme der Abfallwirtschaft in Österreich - Statusbericht 2021.

Federal Ministry Republic of Austria Agriculture, Regions and Tourism – BMLRT (2021): Austria's Water Treasure Basics for the sustainable use of groundwaters. Vienna.

Domenig, M. (2001): Nicht gefährliche Abfälle in Österreich. Materialien zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001. Monographien Band 140 (M-140). Klagenfurt.

Perz, K. (2001). Aufkommen, Verwertung und Behandlung von Abfällen in Österreich. Materialien zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 2001. Monographien Band 138 (M-138). Klagenfurt.

Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach – ÖVGW (2019): Die österreichische Trinkwasserversorgung. Branchendaten und Fakten. Kurzzusammenfassung ÖVGW-Branchenbild 2018 mit Ergänzungen Mai 2019.

España

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento – AEAS (2014): Recomendaciones Técnicas para la Regulación del Servicio de Saneamiento de Agua Urbana.

Ministerio de Economía y Competitividad – MITECO (2015): Sistema Española de Gobernanza del Agua. 2000 años planificando y gestionando los recursos hídricos con eficacia y seguridad.

Centro de Estudios de Puertos y Costas – CEDEX (2013): Guía Metodológica – Metodología de diseño de los vertidos al mar de la salmuera, para reducir el impacto ambiental de las plantas desaladoras (MEDVSA). Versión V1.1

García, J.J., Molina, V.; Leyva, J.-C. (2017): Valorización de lodos procedentes de plantas de tratamiento de agua potable. Una apuesta por la economía circular y sostenibilidad. Revisa Dyna, Enero - Febrero 2017, Vol. 92 no1, p. 71-75

García, J.J. (2018): Valorización de lodos procedentes de plantas de tratamiento de agua potable como nutriente tecnológico. Artículo publicado el 16 de Mayo de 2018. Disponible en <https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/217576-Valorizacion-lodos-procedentes-plantas-tratamiento-agua-potable-nutriente-tecnologico.html>, accedido el 23 de Noviembre de 2021.

Instituto Nacional de Estadística – INE (2018): Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua Año 2016. Nota de prensa del 27 de Noviembre de 2018.

Delacámara, G.; Arenas, M.; Marhubi, A.; Rodríguez, M. (2017): El Sector del Abastecimiento y Saneamiento Urbano en España. Publicación de la Fundación Canal.

Canal de Isabel II (2015): ETAP del Tajo.

N.N. (sin fecha): ETAP El Tajo, <https://de.scribd.com/document/380677864/ETAP-Tajo-Informe> (accedido el 23/11/2021)

Ramírez, F. (2008): Lodos producidos en el tratamiento de agua potable. Técnica Industrial 275 / Mayo-Junio 2008. p46-52.

Zarzo, D. (2017): Problemática y Soluciones para la Gestión y Tratamiento de Salmueras procedentes de Desaladoras. Tesis presentada para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Alicante.

Singapur

Singapore's National Water Agency – PUB (2018a): Our Water, Our Future.

Singapore's National Water Agency – PUB (2018b): Handbook on Application for Water Supply.

Singapore's National Water Agency – PUB (2021a): Annual Report 2020/2021.

Singapore's National Water Agency – PUB (2021b): Sustainability Report 2020/2021.

Israel

Garb, Y. (2008): Desalination in Israel: Status, Prospects, and Contexts.

Marin, Ph.; Tal, S.; Yeres, J.; Ringskog, K. (2017): Water Management in Israel: Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries. World Bank, Washington, DC. August 2017.

Ministerio de Medio Ambiente – MMA (2021): Prevención de la contaminación marina de origen terrestre, disponible en https://www.gov.il/he/departments/guides/prevention_marine_pollution_from_land_sources?chapterIndex=1 (accedido el 26 de Noviembre de 2021).

Tenne, A. (2010): Sea Water Desalination in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspects of long-term risks.

Water Authority Israel (2021): Challenges and Solutions in Managing the Water Sector. Presentación.

Water Reuse Association – WATEREUSE (2011): Seawater Concentrate Management. White Paper May 2011.

Canadá

Canadian-German Chamber of Industry and Commerce – AHK (2014): Wasser- und Abwasserwirtschaft in Kanada. Zielmarktanalyse mit Profilen der Marktakteure – Fokus Ontario. Mayo 2014.

Statistics Canada (2021a): Table 38-10-0092-01 Potable water volumes processed by drinking water plants, by source water type (x 1,000,000). DOI: <https://doi.org/10.25318/3810009201-eng>

Statistics Canada (2021b): Table 38-10-0009-01 Source water type and unit processes for water treatment by drinking water plants DOI: <https://doi.org/10.25318/3810000901-eng>

Statistics Canada (2021c): Table 38-10-0093-01 Population served by drinking water plants DOI: <https://doi.org/10.25318/3810009301-eng>

Statistics Canada (2021d): Table 38-10-0271-01 Potable water use by sector and average daily use DOI: <https://doi.org/10.25318/3810027101-eng>

Statistics Canada (2021e): Table 38-10-0058-01 Water discharge in manufacturing industries, by point of discharge and by industry (x 1,000,000) DOI: <https://doi.org/10.25318/3810005801-eng>

Statistics Canada (2021f): Table 38-10-0060-01 Water discharge in manufacturing industries, by type of final treatment and industry (x 1,000,000) DOI: <https://doi.org/10.25318/3810006001-eng>

Statistics Canada (2021g): Table 38-10-0124-01 Wastewater volumes discharged from municipal sewage systems by treatment category (x 1,000,000)

Environment and Climate Change Canada (2019): Wastewater Systems Effluent Regulations. 2016 Status Report.

México

Comisión Nacional del Agua – CONAGUA (2018): Estadísticas del Agua en México, edición 2018.

De la Peña, M.A.; Ducci, J.; Zamora, V. (2013): Tratamiento de aguas residuales en México. Banco Interamericano de Desarrollo. Nota Técnica IDB-TN-521. Mayo 2013.

Estados Unidos de América

United States Environmental Protection Agency – EPA (2011): Drinking Water Treatment Plant Residuals Management Technical Report. Summary of Residuals Generation, Treatment, and Disposal at Large Community Water Systems. September 2011. EPA 820-R-11-003.

Mickley & Associates (2006): Membrane Concentrate Disposal: Practices and Regulation. Desalination and Water Purification Research and Development Program Report No. 123 (Second Edition). Abril 2006.

Australia

Water Services Association of Australia (2020): All options on the table. Urban Water Supply Options for Australia. Agosto 2020.

Zarzo, D. (2017): Problemática y Soluciones para la Gestión y Tratamiento de Salmueras procedentes de Desaladoras. Tesis presentada para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Alicante.

Capítulo 4

Zarzo, D. (2017): Problemática y Soluciones para la Gestión y Tratamiento de Salmueras procedentes de Desaladoras. Tesis presentada para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Alicante.

Expedientes SEIA

Los documentos de los expedientes revisados se entregan en el Anexo D de este informe.

“Ampliación de la Capacidad de Producción de Agua Potable en Arica; Captaciones Costeras Sondajes Lluta Bajo y Planta Desalinizadora” (N° expediente 38) del titular Aguas del Altiplano S.A.

“Aguas de Descarte en el Curso Bajo del Río Lluta” (N° expediente 1552) del titular Aguas del Altiplano S.A.

“Mejoramiento de Calidad del Agua Sistema de Producción Lluta Bajo Sistema de Abatimiento de Manganeseo y Hierro” (N° expediente 2446) del titular Aguas del Altiplano S.A.

“Planta de Tratamiento de Agua Potable Recinto Pago de Gómez, Arica” (N° expediente 6217200) del titular Aguas del Altiplano S.A.

“Planta abatidora de arsénico para el agua potable de Pisagua” (N° expediente 5967) del titular Aguas del Altiplano S.A.

“Planta Desaladora de Pisagua” (N° expediente 2131009490) del titular Aguas del Altiplano S.A.

“Planta Desaladora de Agua de Mar Antofagasta - II Región Chile” (N° expediente 3951) del titular Aguas de Antofagasta S.A.

“Actualización y Ampliación Planta Desaladora La Chimba” (N° expediente 2128416027) del titular Aguas de Antofagasta S.A.

- “Ampliación Planta Desaladora Norte” (N°expediente 2148759270) del titular Aguas de Antofagasta S.A.
- “Planta Desaladora Tocopilla” (N°expediente 2130243154) del titular Aguas de Antofagasta S.A.
- “Planta de Tratamiento de Agua Potable de Osmosis Inversa, Planta Nantoco, Comuna de Tierra Amarilla” (N°expediente 5012820) del titular Aguas Chañar S.A.
- “Planta de Tratamiento de Agua Potable de Osmosis Inversa Planta Placilla” (N°expediente 4628717) del titular Aguas Chañar S.A.
- “Planta de Osmosis Inversa para el agua potable de Diego de Almagro” (N°expediente 6093) del titular Aguas Chañar S.A.
- “Planta Desalinizadora de Agua de Mar para la Región de Atacama, Provincias de Copiapó y Chañaral” (N°expediente 2130018787) del titular Aguas Chañar S.A.
- “Sistema de Tratamiento de Aguas El Carmelo” (N°expediente 2131013104) del titular Aguas del Altiplano S.A.
- “Mejoramiento del Sistema de Tratamiento de Agua Potable de la ciudad de Alto Hospicio, Región de Tarapacá” (N° expediente 5480483), del titular Aguas del Altiplano S.A.
- “Implementación de Planta de Tratamiento de Aguas Servidas y Agua Potable Reina Norte, Colina” (N°expediente 2135203783) del titular Aguas Santiago Norte S.A.
- “Planta de Tratamiento de Agua Potable y Planta de Tratamiento de Aguas Servidas Hacienda Batuco” (N°expediente 7822145) del titular Aguas Santiago Norte S.A.
- “Planta de Tratamiento de Agua Potable Chamisero” (N°expediente 6089108) del titular Aguas Manquehue S.A.
- “Planta de Agua Potable La Florida” (N°expediente 2049) del titular Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias
- “Solución Sanitaria de Agua Potable y Aguas Servidas para la Concesión del Sector Panitao - ESSSI S.A” (N°expediente 2132812956) del titular Empresa de Servicios Sanitarios San Isidro S.A. (ESSSI S.A.)