

**ANÁLISIS GENERAL DE IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL DEL ANTEPROYECTO DE REVISIÓN DE LA NORMA DE EMISIÓN PARA LA REGULACIÓN DE CONTAMINANTES ASOCIADOS A LAS DESCARGAS DE RESIDUOS LÍQUIDOS A AGUAS MARINAS Y CONTINENTALES SUPERFICIALES (D.S.90)**

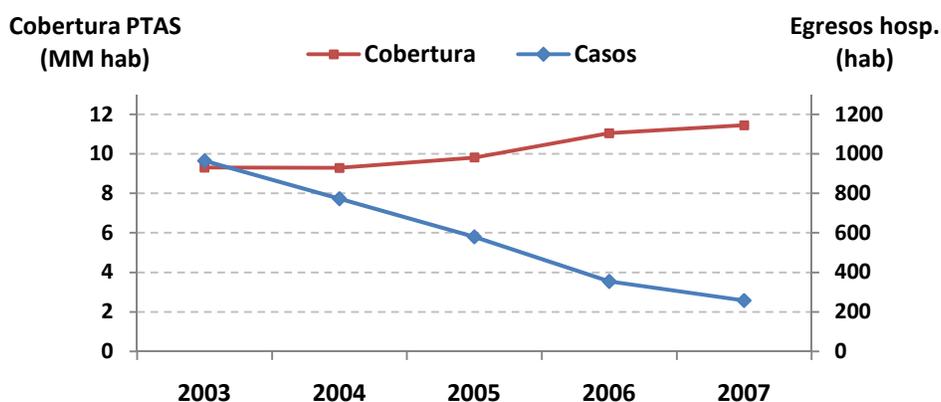
F. Donoso, S. Briceño, J. Gómez, A. Uribe y C. de la Maza\*  
 Mayo 2011

## 1. Introducción

El Decreto Supremo N°90 de 2000 (D.S.90) tiene como objetivo de protección ambiental prevenir la contaminación de las aguas marinas y continentales superficiales de la República. Establece la cantidad máxima y/o mínima permitida para un contaminante medido en el efluente de la fuente emisora. Obliga a las fuentes emisoras a regirse por diferentes niveles de emisión según características del cuerpo de agua receptor al cual descargan: aguas fluviales sin y con capacidad de dilución (Tablas 1 y 2), aguas lacustres naturales (Tabla 3) y cuerpos de agua marinos según Zona de Protección Litoral (Tabla 4 y Tabla 5).<sup>1</sup>

La implementación del D.S.90 ha evidenciado beneficios para la sociedad como la disminución de casos de enfermedades como *shigelosis* y *fiebre tifoidea* por el aumento en tratamiento y remoción de agentes patógenos de las aguas servidas. En la Figura 1 se observa la correlación existente entre egresos hospitalarios y población abastecida por las Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas (PTAS).

Figura 1. Egresos hospitalarios y población abastecida por PTAS en el tiempo.



Fuente: Elaboración propia

\* Profesionales del Departamento de Economía Ambiental (DEA), Ministerio del Medio Ambiente – Chile.  
 Contacto: [fdonosog@mma.gob.cl](mailto:fdonosog@mma.gob.cl); [sbriceno@mma.gob.cl](mailto:sbriceno@mma.gob.cl); [jgomez@mma.gob.cl](mailto:jgomez@mma.gob.cl); [aaribe@mma.gob.cl](mailto:aaribe@mma.gob.cl); [cde lamaza@mma.gob.cl](mailto:cde lamaza@mma.gob.cl)

<sup>1</sup>Para conocer detalle de los valores de norma consultar la norma de emisión D.S. 90/00.

El Decreto Supremo N°93/95 establece que cada 5 años se debe realizar una revisión de la normativa. La revisión del D.S.90 consideró, entre otras, las siguientes modificaciones:

- Límites más estrictos para Cadmio (Cd), Cromo Hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ), Manganeso (Mn), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb) y Zinc (Zn);
- Límites menos estrictos para Cobre (Cu), Nitrógeno Kjeldahl Total (NKT), Fósforo (P);
- Inclusión de nuevos parámetros: Trihalometanos (THM) y Cloro Libre Residual (CLR);
- Incorporación de Tabla 6 asociada a Estuarios;
- Inclusión de Artefactos Navales como fuente emisora y ajustes a su definición;
- Modificación para fuentes emisoras con caudal (Q) menor a  $5 \text{ m}^3/\text{d}$  ;
- Ajuste en la definición de Zona de Protección Litoral;
- Modificación de procedimientos de monitoreo;
- Modificación de fuentes que descargan en afluentes de cuerpo de agua lacustre.

En el presente estudio se resume el Análisis General de Impacto Económico y Social (AGIES) del Anteproyecto de Revisión de la Norma.

## 2. Análisis de impacto económico y social

Las modificaciones apuntan a reducir los procesos de eutrofización en lagos y estuarios y a prevenir impactos en ecosistemas sensibles como canales y fiordos al sur de Punta Puga. El principio precautorio, inherente al D.S.90, otorga beneficios al uso y conservación de los ecosistemas protegidos. Cautelar condiciones para el soporte de actividades económicas extractivas y recreativas, así como para la reproducción de especies y el aumento de la biodiversidad, son algunos beneficios identificables del D.S.90, especialmente en las áreas marinas costeras y estuarios.

Por ejemplo, los beneficios económicos por concepto de turismo, sólo en el lago Villarrica, se generan del orden de 37 MMUSD/año. Por otra parte, la producción marina de aguas estuarinas representó en 2009 aproximadamente 95 MMUSD correspondientes a 180 mil toneladas de producción por extracción de especies. A su vez, la zona de protección litoral representa el lugar en donde anidan y se reproducen la mayoría de las especies marinas que se extraen en la zona sur de Chile. La producción pesquera en este sector durante el año 2009 representó aproximadamente 100 MMUSD correspondientes a 535 mil toneladas de captura.

Por otra parte, recuperar ecosistemas degradados es altamente costoso. Casos como el lago Constanza (Alemania) y el lago Biwa (Japón) revelan costos de recuperación de 1 y 12 MMUSD/año por  $\text{km}^3$  tratado respectivamente. Con estos antecedentes, si el lago Villarrica ( $21 \text{ km}^3$ ) se eutofizara se esperaría un costo de recuperación entre 21 y 240 MMUSD/año.

Reconociendo el importante rol del D.S.90 en la prevención de impactos sobre ecosistemas y actividades económicas, se analizan los costos de cumplir con las modificaciones propuestas. El análisis contempla la comparación de dos situaciones definidas como:

- **Situación Base (SB):** Se refiere a la situación actual y asume un 100% de cumplimiento del DS 90/2000;

- **Caso Con Proyecto (CP):** Se asume 100% de cumplimiento de los límites propuestos en la revisión del DS 90/2000.

Se consideran 47 opciones de tecnologías de control de emisiones líquidas, tomando como referencia información de Fundación Chile (2010) complementado con información de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS). Se asume que cada empresa busca **cumplir la norma al menor costo posible** y no existen impedimentos para instalar las tecnologías requeridas (falta de espacio, acceso a la tecnología, etc).

El costo de cada tecnología depende además del caudal y concentración tratada. De esta forma cada punto de descarga se enfrenta a la siguiente función objetivo a minimizar:

$$\text{Min } \sum_i C_i \quad \text{Ecuación 1}$$

Sujeto a:

$$E_p = E_{0p} \times \prod_i (1 - ef_{p,i})^{x_i} \leq N_p \quad \text{Ecuación 2}$$

$$C_i = a_i \times Q^{b_i} \times x_i \quad \text{Ecuación 3}$$

$$C_i = (d_i \times c + e_i) \times x_i \quad \text{Ecuación 4}$$

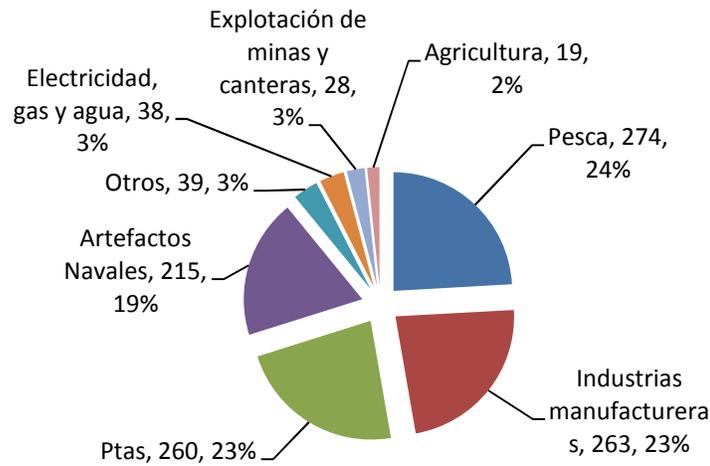
Donde:

- $C_i$  : Costo tecnología i
- $E_p$  : Emisiones finales parámetro p
- $E_{0p}$  : Emisiones actuales parámetro p
- $x_i$  : Factor de escalamiento asociado a tecnología i
- $ef_{p,i}$  : Eficiencia tecnología i sobre parámetro p
- $N_p$  : Norma parámetro p
- $a_i, b_i, d_i$  : Constantes específicas tecnología i
- $Q$  : Caudal (m<sup>3</sup>/día)
- $c$  : Concentración parámetro
- $x_i$  : Factor escalamiento asociada a tecnología i

Las ecuaciones asumen linealidad, es decir, si es necesario instalar 2 veces una misma tecnología (factor de escalamiento igual a 2), el costo final dobla el costo estándar.

Se consideran 1194 puntos de descarga, 949 en SB y 1163 en CP. Esta diferencia se debe a la incorporación de 245 Artefactos Navales y a la salida de 31 puntos de descarga debido a la modificación de caudal (Q) menor a 5 m<sup>3</sup>/d y otros. La Figura 2 muestra la distribución de los puntos de descarga.

Figura 2: Puntos de descarga (1163) por rubro en situación con proyecto.

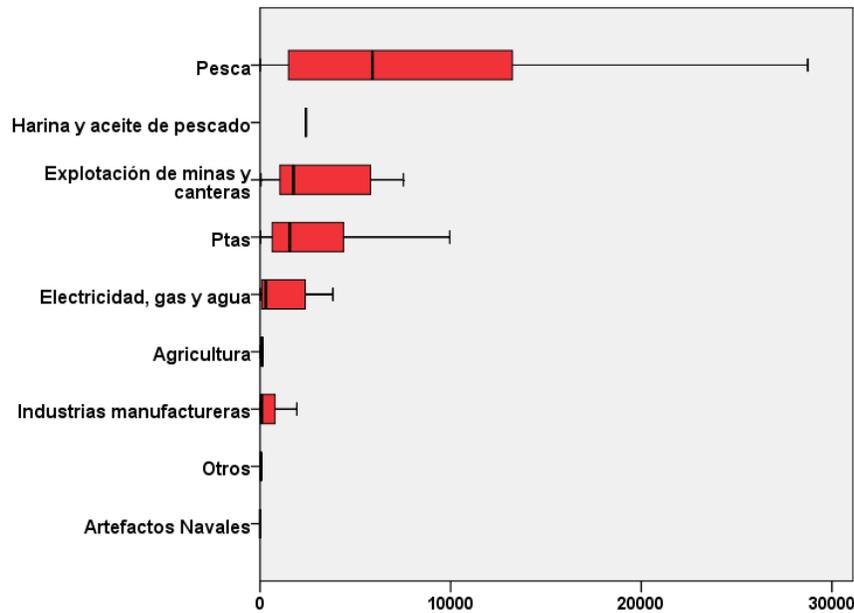


Fuente: Elaboración propia según SISS, RETC, DIRECTEMAR 2009 y 2010. Ingesa (2009) y Kristal (2007).

Nota: Otros rubros considera servicios comunales, sociales y personales, transporte, almacenamiento y comunicaciones y establecimientos financieros, de seguros, bienes inmuebles y servicios.

El 69% del total de puntos de descarga cuenta con información mensual de caudal medio. Para estimar un caudal anual característico se calculó la mediana de los valores mensuales para cada punto de descarga. Para aquellos sin información, se asignó la mediana de los caudales anuales característicos del mismo rubro. La figura 3 muestra la distribución de estos caudales por medio de un gráfico de caja.

Figura 3: Gráfico de caja caudal por rubro (m3/día)



Fuente: Elaboración propia

En emisiones se cuenta con información para el 57% de los puntos de descarga. Para estimar los valores anuales característicos de los parámetros, se calculó el percentil 90 de los valores mensuales de cada punto de descarga. Para los casos donde no se cuenta con información se tomó el percentil 50 de las emisiones por rubro, interpretando este dato como un valor post-tratamiento. Luego, para obtener un valor pre-tratamiento se ajustó este valor por la eficiencia de remoción que utilizan las tecnologías más características del rubro. Este valor obtenido se asignó a cada punto de descarga sin información.

### 3. Resultados

La Tabla 1 muestra el flujo anualizado (FA) y el valor presente (VP) del diferencial de costos (CP-SB) según tipo de costo. La tabla 2 muestra el FA según rubro.

Tabla 1. Flujo anualizado y valor presente diferencial de costos por tipo. Medias, percentiles 5 y 95. CP-SB.

Tipo Costo	FA (MMUSD/año)			VP (MMUSD)		
	Media	p5	p95	Media	p5	p95
Tratamiento	30	26	34	235	206	263
Autocontrol	1,5	1,1	1,9	12	9	15
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>247</b>	<b>215</b>	<b>278</b>

Fuente: Elaboración propia

Nota: 1USD=\$500, Tasa descuento: 6%, Período: 10 años y valores con 3 cifras significativas.

Tabla 2. Flujo anualizado (FA) costos por rubro (MMUSD/año)

Rubro	Tratamiento	Autocontrol	Total
Pesca	14,1	0,7	14,8
Industrias manufactureras	9,3	0,1	9,5
PTAS	5,70	0,45	6,2
Otros	0,9	-0,1	0,9
Artefactos Navales	0,0	0,2	0,2
Explotación de minas y canteras	0,1	0,1	0,1
Harina y aceite de pescado	0,05	0,02	0,1
Agricultura	~0	~0	~0
Electricidad, gas y agua	-0,2	0,1	-0,1
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>1,5</b>	<b>32</b>

Fuente: Elaboración propia

Notas: 1USD=\$500, Tasa descuento: 6%, Período: 10 años y valores con 3 cifras significativas

La Tabla 3 muestra los costos de la situación CP diferenciando si alguna modificación quedara sin efecto. También muestra el costo adicional que representa cada modificación. Esto se realizó en un análisis *ceteris paribus* manteniendo el resto de las modificaciones en iguales condiciones.

Tabla 3. Flujo anualizado costos según modificaciones a la norma (MMUSD/año)

Modificación	Costo CP sin Medida	Costo Adicional a CP
Todas	-	32
ZPL	11	20
Estuario	20	11
Afluentes Lagos	29	2,3
Artefactos Navales	31	0,2
THMs y CLR	32	0,1
Q<5 y Otros	32	-0,02
Monitoreo	32	-0,3
NKT y P	37	-5,4

Fuente: Elaboración propia

Notas: 1USD=\$500, Tasa descuento: 6%, Período: 10 años, Valores con 3 cifras significativas, Todas: Todas las medidas, Afluentes Lagos: Cambio de tabla para PD que descargan en afluentes de lagos, Artefactos Navales: Inclusión de artefactos Navales, Estuario: Inclusión de tabla asociada a estuarios, Q<5 y Otros: Exclusión de PD con  $Q < 5 \text{ m}^3/\text{día}$  y valores de Temp, Ssed, poder espumógeno y coliformes fecales superiores a norma, THMs y CLR: Inclusión de THMs y CLR, ZPL: Modifica la definición de ZPL, NKT y P: Cambio en el nivel de norma de estos parámetros, Monitoreo: Cambio en frecuencia de monitoreo.

Realizando un análisis de sensibilidad para las emisiones que no hay información, se observa que al tomar emisiones 50% más bajas se obtiene una disminución de los costos en 22%. Por el contrario, al tomar emisiones 50% más altas se obtiene un aumento en 9%.

Por otra parte, según el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA), los costos el rubro Pesca representan el 3% de las utilidades del sector considerando el PIB del año 2008. Considerando el volumen de ventas del año 2009, los costos representan el 28,7% según información proporcionada por el Servicio de Impuestos Internos (SII) (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de los costos con las ventas para cada rubro año 2009

Rubro	Ventas 2009 (MMUSD)	Costos (MMUSD)	Costos / Ventas
Explotación de minas y canteras	3.282	0,1	0,0%
Electricidad, gas y agua	350	0	0,0%
Industrias manufactureras	147	9,5	6,5%
Agricultura	108	0	0,0%
Ptas	80	6,2	7,7%
Harina y aceite de pescado	79	0,1	0,1%
Artefactos Navales	52	0,2	0,4%
Pesca	52	14,8	28,7%
Otros	40	0,9	2,2%

Fuente: Elaboración propia en base a Servicio de Impuestos Internos (SII).

Se observa además que el impacto tarifario en las PTAS no supera el 10% considerando una cuenta promedio de 20.000 CLP.

Tabla 6: Análisis de impacto tarifario en principales PTAS.

Región	PTAS	Variación tarifaria (%)	Variación tarifaria (CLP)
XII	AGUAS MAGALLANES	9,73%	1.946
XIV	AGUAS DÉCIMA	5,08%	1.017
X y XIV	ESSAL	5,06%	1.013
VI y VIII	ESSBIO	1,56%	312
XI	AGUAS PATAGONIA DE AYSÉN	0,44%	88
V	ESVAL	0,06%	12
RM	GRUPO AGUAS ANDINAS MAS SMAPA	0,01%	1
I y XV	AGUAS DEL ALTIPLANO	0,00%	0
II	AGUAS DE ANTOFAGASTA	-0,16%	-31
IV	AGUAS DEL VALLE	-0,30%	-59
IX	AGUAS ARAUCANÍA	-0,68%	-136
III	AGUAS CHAÑAR	-0,91%	-182
VII	AGUAS NUEVO SUR MAULE	-1,97%	-394
	<b>Promedio ponderado</b>	<b>0,45%</b>	<b>90</b>

Fuente: Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)

Considerando la Disposición a Pagar (DAP) por mejoras en la calidad de las aguas superficiales en EEUU y realizando una transferencia mediante Paridad de Poder Adquisitivo<sup>2</sup>, la DAP estimada para los hogares en Chile es de aproximadamente 1.500 CLP/hogar-mes. El desglose por tipo de cuerpo de agua se muestra en la tabla 5.

Tabla 7: Disposición a pagar (DAP) por mejora en la calidad del agua (USD/hogar-año)

País	Estuario	Lago	Río
p50 EEUU	99	84	94
p50 Chile	31	26	30

Fuente: Elaboración propia a partir de (Van Houtven, Powers et al. 2007) y (Johnston, Besedin et al. 2005)

Finalmente, las reducciones de carga atribuible a las principales modificaciones del Anteproyecto, el AGIES muestra que en los cuerpos de agua lacustre existen reducciones significativas en parámetros relacionados directamente con el nivel de oxigenación del agua como P (50%), DBO<sub>5</sub> (23%) y N (4%). Por otro lado, al proponerse límites más laxos en algunos parámetros, estos aumentarían sus emisiones. La modificación de la Zona de Protección Litoral muestra reducciones importantes en prácticamente todos los parámetros al pasar algunos puntos de descarga de Tabla 5 a Tabla 4. Se destacan las reducciones de DBO<sub>5</sub> (99%), Tetracloroetano (97%), P (97%), SST (96%) y NKT (94%). Para estuarios se observa que existe una reducción significativa en P (85%) y N (76%), parámetros que son considerados de relevancia en la determinación del nivel de trofía de los cuerpos de agua.

<sup>2</sup> Paridad de Poder Adquisitivo se asume de 3.2 veces la razón EEUU/Chile correspondiente al año 2009 (Banco Mundial 2009).

## 4. Conclusiones

La revisión del D.S. 90/00 implica un aumento de costos de aproximadamente 32 MMUSD/año, lo que en valor presente se traduce en un aumento de 247 MMUSD, con diferencias significativas para los costos de tratamiento y monitoreo.

Las modificaciones ZPL y Estuarios, destacan en los costos con un aporte cercano a los 20 y 11 MMUSD al año. Sin estas modificaciones los costos totales anuales serían del orden de 12 y 21 MMUSD/año respectivamente.

El análisis por rubro revela que Pesca, Industrias manufactureras y PTAS perciben los mayores costos, debido a su alto volumen de descarga y principalmente, a las modificaciones en ZPL, Estuarios y Afluentes Lagos. El aumento atribuido a la revisión del D.S. 90/00 sobre las tarifas en una cuenta promedio podría ser del mismo orden que la disposición a pagar de la población por protección de las aguas superficiales.

Finalmente, el anteproyecto alcanza importantes reducciones de emisiones en nutrientes, cuya presencia en niveles altos evidencia problemas de calidad en los respectivos cuerpos de aguas tanto a nivel local como en el agregado nacional.

## 5. Referencias

Chesapeake, (2010). "Estrategia para la Protección y Restauración de la Cuenca de la Bahía de Chesapeake. Fiscal Year 2011 Action Plan."

FundacionChile (2010). Estimación de Costos de Abatimiento de contaminantes en Residuos Líquidos. Santiago de Chile. Encargado por CONAMA.

INGESA (2007). Estudio para la implementación de medidas para el control de la contaminación hídrica: antecedentes para la revision del decreto supremo 90/2000. Santiago de Chile. Encargado por CONAMA.

Johnston, R., E. Besedin, et al. (2005). "Systematic Variation in Willingness to Pay for Aquatic Resource Improvements and Implications for Benefit Transfer: A Meta Analysis." Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie 53(2 3): 221-248.

Kristal (2009). Antecedentes para la elaboracion del AGIES institucional del proceso de modificacion del ds 90/00. Santiago de Chile. Encargado por CONAMA.

SERNAPESCA (2009). Anuario estadístico de pesca.

Van Houtven, G., J. Powers, et al. (2007). "Valuing water quality improvements in the United States using meta-analysis: Is the glass half-full or half-empty for national policy analysis?" Resource and Energy Economics 29(3): 206-228.

## 6. Anexos

Curvas de costo de inversión y de operación para cada tecnología utilizada en el AGIES.

Tabla 6: Curvas de costos de inversión y operación, en función del caudal de tratamiento.

Tecnología	Costo de Inversión (US\$)	Costo de Operación (US\$/m <sup>3</sup> )	Unidad de Caudal
Lagunas Aireadas	$569500 \cdot Q^{0,2857}$	$2,7779 \cdot Q^{-0,638}$	L/s
Lodos Activados	$760510 \cdot Q^{0,4819}$	$2,8199 \cdot Q^{-0,614}$	L/s
Lombrifiltro	$2676,7 \cdot Q^{0,7444}$	$1,911 \cdot Q^{-0,408}$	m <sup>3</sup> /día
Lodos Activados+complemento Nt	$192580 \cdot Q^{0,7632}$	$0,29417 \cdot Q^{-0,273}$	L/s
Reactor Aerobico de Lecho Fijo Sumergible (RALFS)	$8925,8 \cdot Q^{0,6}$	$12,146 \cdot Q^{-0,712}$	m <sup>3</sup> /día
Reactor Anaerobico Crecimiento libre	$40455 \cdot Q^{0,371}$	$10,63 \cdot Q^{-0,63}$	m <sup>3</sup> /día
Reactor Anaerobico UASB (flujo ascendente)	$361,9 \cdot Q^{0,9}$	$10,63 \cdot Q^{-0,63}$	m <sup>3</sup> /día
Reactores Biologicos Secuenciales (SBR)	$24043 \cdot Q^{0,6}$	$7,3701 \cdot Q^{-0,8083}$	m <sup>3</sup> /día
Wetlands	$8124,4 \cdot Q^{0,7281}$	$0,0808 \cdot Q^{-0,546}$	m <sup>3</sup> /día
Arrastre por Aire (Air Stripping)	$5600 \cdot Q^{0,6}$	$3,374 \cdot Q^{-0,69}$	m <sup>3</sup> /h
Bekosplit	$7869,5 \cdot Q^{0,4117}$	$58,739 \cdot Q^{-0,763}$	L/h
Coalescencia	$5471 \cdot Q^{0,4}$	$0,1182 \cdot Q^{-0,611}$	L/s
Destilacion	$30153 \cdot Q^{0,4}$	$11,857 \cdot Q^{-0,4256}$	m <sup>3</sup> /día
Electrodialisis	$326582 \cdot Q^{0,6}$	0,1057	L/s (inversión) m <sup>3</sup> /día (operación)
Filtros AMIAD Filtro 4" con malla 2 micrones	$16583 \cdot Q^{0,3}$	$0,0231 \cdot Q^{-0,135}$	m <sup>3</sup> /h
Filtros AMIAD Filtro 4" con malla 7 micrones	$19215 \cdot Q^{0,3}$	$0,0231 \cdot Q^{-0,135}$	m <sup>3</sup> /h
Flotacion por Aire Disuelto (DAF)	$3772,2 \cdot Q^{0,8967}$	$2,5424 \cdot Q^{-0,745}$	m <sup>3</sup> /h
Nanofiltracion	$348500 \cdot Q^{0,6}$	$0,7385 \cdot Q^{-0,112}$	L/s
Osmosis Inversa	$348500 \cdot Q^{0,6}$	$0,7774 \cdot Q^{-0,112}$	L/s
Prefiltracion Reja	$8265,6 \cdot Q^{0,4}$	$0,0589 \cdot Q^{-0,57}$	L/s
Prefiltracion Tamiz parabolico	$8265,6 \cdot Q^{0,4}$	$0,0589 \cdot Q^{-0,57}$	L/s
Prefiltracion Tamiz rotatorio	$30820 \cdot Q^{0,65}$	$0,0589 \cdot Q^{-0,57}$	L/s
Separadores por Gravedad y Sedimentacion Acelerada	$14078 \cdot Q^{0,6}$	$0,306 \cdot Q^{-0,45}$	m <sup>3</sup> /h
Separadores por Gravedad y Sedimentacion Natural	$7294 \cdot Q^{0,577}$	$0,09 \cdot Q^{-0,57}$	L/s
Skimmer	$2593 \cdot Q^{0,1714}$	$10,801 \cdot Q^{-0,558}$	L/h
Ultrafiltracion	$306700 \cdot Q^{0,6}$	$0,6841 \cdot Q^{-0,112}$	L/s
Adsorcion con Carbon Activado Carbon domestico	$3255,4 \cdot Q^{0,6}$	$0 \cdot Q^0$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con Carbon Activado Carbon farmaceutico	$5547,1 \cdot Q^{0,6}$	$7,3428 \cdot Q^{-0,476}$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con Carbon Activado Carbon industrial	$3255,4 \cdot Q^{0,6}$	$22,747 \cdot Q^{-0,707}$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con diferentes materiales Arena-Arcilla	$2107,9 \cdot Q^{0,6}$	$3,9902 \cdot Q^{-0,424}$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con diferentes materiales Ceniza	$4516,9 \cdot Q^{0,6}$	$3,9902 \cdot Q^{-0,424}$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con diferentes materiales Turba	$3613,6 \cdot Q^{0,6}$	$3,9902 \cdot Q^{-0,424}$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con diferentes materiales Zeolita Modificada	$3011,3 \cdot Q^{0,6}$	$3,9902 \cdot Q^{-0,424}$	m <sup>3</sup> /día
Adsorcion con diferentes materiales Zeolita Natural	$2409 \cdot Q^{0,6}$	$3,9902 \cdot Q^{-0,424}$	m <sup>3</sup> /día
Electroxidacion	$11357 \cdot Q^{0,6}$	$4,9736 \cdot Q^{-0,214}$	m <sup>3</sup> /día
Extraccion por Solvente	$31451 \cdot Q^{0,6}$	0	m <sup>3</sup> /mes
Intercambio Ionico	$185955 \cdot Q^{0,6106}$	0,01	L/s (Inversión)

			m3/día (operación)
Oxidación Avanzada Catalítica (POAs) Ozono	$22714 \cdot Q^{0,6}$	$1,7056 \cdot Q^{-0,131}$	m3/día
Oxidación Avanzada Catalítica (POAs) Sin ozono	$12619 \cdot Q^{0,6}$	$1,1029 \cdot Q^{-0,135}$	m3/día
Oxidación con Agua Supercrítica	$25238 \cdot Q^{0,6}$	$2,729 \cdot Q^{-0,131}$	m3/día
Oxidación con Aire Humedo	$18929 \cdot Q^{0,6}$	$2,3026 \cdot Q^{-0,131}$	m3/día
Intercambiador de Calor	$834,4 \cdot Q^{0,7}$	$0,194 \cdot Q^{-0,28}$	m3/h
Torres de Enfriamiento	$1861,6 \cdot Q^{0,9}$	$0,4924 \cdot Q^{-0,321}$	m3/h
Precipitación química	$13072 \cdot Q^{0,39}$	$4,8 \cdot Q^{-0,62057}$	m3/día
Clarificación	$76,177 \cdot Q^{0,4484}$	$71,2 \cdot Q^{-1}$	m3/día
Declaración Dioxido de azufre (SO2)	-	$0,0102 \cdot Q^{-0,12}$	m3/día
Declaración Sulfito de Sodio	-	$2,644 \cdot Q^{-0,002}$	m3/día

Fuente: Elaboración propia a partir de Fundación Chile (2010) y SISS(2011).