



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS**



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
DIVISIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS Y MEDIOAMBIENTE**

DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REALIZADO POR:

**Departamento de Estudios y Planificación
Dirección General de Aguas
Ministerio de Obras Públicas**

**División de Recursos Hídricos y Medioambiente
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Chile**

S.I.T. N° 108

SANTIAGO, DICIEMBRE, 2005

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS
Ministro de Obras Públicas
Sr. Jaime Estévez

Director General de Aguas
Ing. Sr. Humberto Peña

Jefe Departamento de Estudios y Planificación
Ing. Sr. Carlos Salazar

Inspector Fiscal Sr. Carlos Salazar

UNIVERSIDAD DE CHILE

Jefe de Proyecto

Carlos Espinoza, Ingeniero Civil, Ph.D.

Participantes:

Ernesto Brown, Ingeniero Civil, M.Sc.
Carolina Espinoza, Geóloga
Felipe Orellana, Ingeniero Civil
Eduardo Salfate, Ingeniero Civil

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivos Especificos.....	2
3. IDENTIFICACIÓN DE USOS EXTRACTIVOS CARACTERÍSTICOS	3
3.1 Agua Potable	3
3.2 Riego.....	3
3.3 Minería Metálica y No Metálica.....	4
3.4 Industria.....	4
3.5 Turismo.....	4
3.6 Acuicultura	5
3.7 Hidroelectricidad.....	5
4. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE E INFORMACIÓN RECOPIADA.....	6
4.1 Aspectos Generales.....	6
4.2 Requerimientos de Uso en Agua Potable.....	7
4.2.1 Agua Potable en Zonas Urbanas.....	7
4.2.2 Agua Potable en Zonas Rurales.....	13
4.2.3 Requerimientos de Agua en Faenas Productivas	15
4.3 Requerimientos de Agua en Riego	15
4.3.1 Análisis de los Estudios Integrales de la CNR	15
4.3.2 Análisis de la Ley 18.450 de Fomento de Inversión Privada en Obras de Riego.....	16
4.3.3 Taller Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos	19
4.3.4 Información Internacional.....	20
4.4 Requerimientos de Agua en Minería.....	22
4.4.1 Aspectos Históricos	22
4.4.2 Uso del Agua en Minería del Cobre	23
4.4.3 Uso del Agua en Minería no Metálica	28
4.5 Requerimientos de Agua en la Industria	32
4.6 Requerimientos de Agua en Turismo	35
4.7 Requerimientos de Agua para Acuicultura	39
4.7.1 Generalidades	39
4.7.2 Requerimientos de Agua, Uso y Conservación.....	40
4.7.3 Información Nacional sobre Consumos de Agua en Acuicultura	41
4.8 Requerimientos de Agua en Hidroelectricidad.....	42

5. PROPUESTA DE REQUERIMIENTOS MÁXIMOS SEGUN ACTIVIDAD	46
5.1 Aspectos Generales.....	46
5.2 Requerimientos Máximos para Agua Potable	46
5.3 Requerimientos Máximos para Agua de Riego.....	47
5.4 Requerimientos Máximos para Agua en Minería	48
5.5 Requerimientos Máximos para Agua en la Industria.....	49
5.6 Requerimientos Máximos de Agua en Turismo	52
5.7 Requerimientos Máximos de Agua en Acuicultura	52
5.8 Requerimientos Máximos de Agua para Centrales Hidroeléctricas	52
6. TABLA DE EQUIVALENCIAS	54
REFERENCIAS	60

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas"

La equivalencia entre el caudal de agua y el uso se establecerá en una tabla que deberá ser fijada por la autoridad según lo establece la referida modificación al cuerpo legal indicado. Esta tabla será fijada mediante Decreto Supremo firmado por los Ministros de Obras Públicas, Minería, Agricultura y Economía.

Los aspectos señalados con anterioridad hacen necesario desarrollar un trabajo de análisis y evaluación orientado a proporcionar los elementos de juicio para dar cumplimiento a lo establecido en la modificación del Código de Aguas.

La División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, incluye dentro de sus áreas de interés la temática de gestión y planificación de recursos hídricos, en la cual ha desarrollado una serie de estudios en los últimos años. En razón de lo anterior, y a raíz de una solicitud de la Dirección General de Aguas, presentó una propuesta para llevar a cabo este estudio, cuyo objetivo primario es la determinación de las tasas características de uso del agua según sector y rubro, lo que será el insumo principal para la elaboración de la Tabla de Equivalencias señalada en el Decreto 147 bis.

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se recurrió a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

El objetivo del presente trabajo es definir los valores característicos de uso del agua según el tipo de uso que se identifique y generar la Tabla de Equivalencias indicada en el Artículo 147 bis de la modificación del Código de Aguas.

2.2 Objetivos Específicos

Junto al objetivo general se han identificado una serie de objetivos específicos, los que se indican a continuación:

- Identificar los usos típicos de carácter extractivo que se efectúan en el país.
- Análisis de la situación de uso del agua según sectores
- Efectuar un análisis de los valores característicos del consumo de agua según rubro y nivel tecnológico.
- Proponer para cada rubro y según nivel tecnológico el valor de consumo representativo.
- Elaborar una propuesta preliminar administrativa que fije los valores característicos de uso del agua.

3. IDENTIFICACIÓN DE USOS EXTRACTIVOS CARACTERÍSTICOS

La primera actividad que se llevó a cabo como parte de este estudio fue la identificación de los distintos usos del agua de acuerdo con las prácticas existentes o habituales, lo anterior en el marco de la modificación del Código de Aguas. Para esto se llevó a cabo una reunión inicial con directivos y profesionales de la DGA y académicos de la Universidad de Chile para la discusión de los diferentes usos posibles y la generación de un listado que dictara las pautas a seguir en las siguientes etapas de esta consultoría.

La reunión indicada permitió definir los siguientes usos extractivos característicos, para los cuales se llevó a cabo una búsqueda de información a nivel nacional e internacional:

3.1 Agua Potable

Para el rubro Agua Potable se llevó a cabo un análisis de antecedentes nacionales, lo que consideró la revisión de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias, así como también memorias técnicas de estudios para Sistemas de Agua Potable Rural (APR). Lo anterior permitió estimar los requerimientos de agua para fines de consumo potable a nivel urbano y rural, lo que se compara con cifras referenciales utilizadas por organismos de planificación nacionales e internacionales.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector sanitario (agua potable) es la dotación de producción, la que corresponde al requerimiento de agua por habitante y por día. Esta medida o parámetro es estándar en el área sanitaria, por lo que se ha utilizado para definir los límites máximos para determinadas condiciones de abastecimiento.

3.2 Riego

Para determinar los requerimientos de agua para riego se analizó un conjunto de estudios previos realizados por organismos de nivel nacional e internacional. Asimismo se obtuvo información específica de proyectos de riego beneficiados por la Ley 18450, lo que permitió analizar proyectos privados a nivel regional. En forma adicional se consultó un documento del Taller Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (GWP, 2003) donde se determinó el consumo anual de riego en cada región del país. Por último, y a modo de comparación, se consideró los valores entregados en documentos del Consejo de Investigación Nacional de los Estados Unidos (1996).

Para determinar la demanda de agua para riego se ha recurrido a los valores de caudal por unidad de área (hectárea) encontrados en distintos proyectos integrales de riego desarrollados para la Comisión Nacional de Riego por consultores especializados. Estos estudios dan cuenta de análisis específicos sobre los requerimientos de agua para riego en diferentes cuencas en nuestro país, analizando la situación actual, al momento del estudio, y futura de riego para dichos sectores. En dichos informes se encuentra información relevante del área regada y los requerimientos de agua para distintas cuencas de nuestro país.

En forma complementaria se ha utilizado información contenida en los proyectos de la Ley 18450 de Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego para obtener datos de proyectos de riego de menor envergadura, en los cuales se hace referencia al área beneficiada con el proyecto de riego así como el caudal otorgado mediante derechos de agua.

La Organización Mundial del Agua (Global Water Partnership, 2003) realizó en el año 2003 un taller de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. En este taller se discutió el manejo y uso actual del agua en las distintas actividades productivas del país, incluyendo información específica de la ODEPA referente al uso de recursos hídricos en la actividad agrícola en Chile.

Por último, y con el fin de obtener información sobre las demandas de riego a nivel internacional, se analizó diversos documentos que recopilan información sobre esta materia en EEUU y Europa. En particular se presenta en este informe los resultados más relevantes de una investigación realizada por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, donde se analiza la eficiencia del riego en dicho país.

3.3 Minería Metálica y No Metálica

Para definir los requerimientos de agua en el rubro Minería se llevó a cabo un análisis de antecedentes nacionales para lo cual se consideró la revisión de diversos documentos elaborados por organismos del sector minero, así como documentos de investigadores universitarios y consultores especialistas en esta área. En algunos casos se contó además con información internacional, la que se usó sólo con propósitos referenciales y de comparación.

La información necesaria para definir los requerimientos de agua en el sector minero es diversa, encontrándose en general datos relacionados con el consumo de volúmenes de agua por tonelada de mineral bruto extraído o por tonelada de metal fino procesado. En algunos casos se dispone de información detallada de los consumos de agua por operación unitaria en cada proceso, mientras que en otros sistemas sólo se tiene información global sobre la cantidad de agua requerida en la actividad completa.

Finalmente se ha recurrido a la información de fuentes internacionales, lo que ha permitido contrastar los valores obtenidos de la revisión de antecedentes nacionales.

3.4 Industria

Para obtener información relevante sobre consumos de agua para el rubro industrial se llevó a cabo una recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, basándose en publicaciones diversas encontradas en libros técnicos y en diferentes sitios de Internet dedicados al estudio del uso eficiente del agua y a estadísticas relacionadas con su uso industrial. Lo anterior permitió estimar en algunos casos rangos para los requerimientos de agua en diferentes usos industriales y en otros sólo se pudo encontrar valores individuales que serán utilizados para generar las recomendaciones correspondientes.

3.5 Turismo

Para obtener información relevante sobre consumos de agua para la actividad turística se llevó a cabo una recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, basándose en publicaciones diversas encontradas en libros técnicos y en diferentes sitios de Internet dedicados al estudio del uso eficiente del agua y a estadísticas relacionadas con su uso en actividades turísticas.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector turismo es la dotación de producción, la que corresponde al requerimiento de agua en volumen por pasajero y por día (o noche en algunos casos).

3.6 Acuicultura

Como parte de este trabajo se contactó a la Unidad de Acuicultura del Departamento de Administración Pesquera del Servicio Nacional de Pesca, quienes aportaron valiosa información para evaluar el consumo de agua en la industria de Acuicultura en Chile.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector acuicola es la dotación de consumo, la que corresponde al requerimiento de agua en volumen por unidad de biomasa.

3.7 Hidroelectricidad

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

Para obtener información relevante sobre uso de agua en la generación hidroeléctrica se utilizó información nacional correspondiente a centrales existentes y sus principales características técnicas.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector hidroeléctrico son la Potencia Máxima (P_{MAX} , MW), el Caudal Turbinable o Máximo (Q_{MAX} , m^3/s) y la Altura de Caida (AH , m). Estos serán relacionados entre si para generar una recomendación para la Tabla de Requerimientos utilizando información nacional.

4. ANÁLISIS DEL ESTADO DEL ARTE E INFORMACIÓN RECOPIADA

4.1 Aspectos Generales

Como parte de este estudio se efectuó un completo análisis de la situación de uso del agua según los sectores productivos identificados previamente. Lo anterior significó el análisis de diversos proyectos de desarrollo para cada uno de los sectores productivos y estudios integrales que permitieran analizar la situación actual y futura de cada uno de los sectores productivos.

El análisis se centró en la distinción de situaciones de uso habitual del agua para los diferentes sectores productivos. Así por ejemplo para algunos sectores puede ser de alta importancia la diferenciación geográfica o climática, en el sentido de, por ejemplo, distinguir situaciones de consumo en zonas altas respecto a zonas bajas o costeras, zonas áridas o zonas húmedas.

De igual forma para las distintas actividades se distinguieron las prácticas habituales según las diferentes características de aprovechamiento. Tal es el caso del riego donde el cultivo tradicional puede tener distinto uso del recurso dependiendo del tipo de cultivo o el cultivo más tecnificado tanto en terreno plano a laderas puede tener características de consumo diferenciables.

Por otra parte para la situación industrial y minera también se identificaron las diferenciaciones que se producen en función del tipo de mineral, los procesos de tratamiento, el tamaño de las plantas (gran, mediana, pequeña y minería o industria).

En esta etapa del estudio se recopiló información proveniente de fuentes secundarias o bibliográficas. En este caso, y debido a las restricciones de tiempo que se han planteado, no se consideró la realización de encuestas para generación de datos primarios.

Se procedió a efectuar la recopilación de información relevante en estudios, informes, tesis, y proyectos diversos existentes en instituciones tales como (CNR, DOH, CIREN CORFO, DGA, COCHILCO, SERNAGEOMIN, SISS, CORFO, MINISTERIO DE MINERÍA, MINISTERIO DE ECONOMÍA, MINISTERIO DE AGRICULTURA, CONAMA, CNE, INE, Universidades, Centros de investigación, FAO, CEPAL, etc.).

Se realizó una exhaustiva revisión en organismos internacionales que pudieran aportar datos de otros países en áreas en las cuales los datos nacionales no sean suficientes para establecer tasas de uso confiables. En esta revisión se consideró la búsqueda en organismo tales como USEPA, BANCO MUNDIAL, BID, COMUNIDAD EUROPEA, ANZEC, los que han realizado estudios de este estilo a nivel regional. Se consideró en particular la revisión del estudio WATER 2025, realizado el año 2004 en los EEUU en el marco de la definición de guías para la reutilización de aguas contaminadas tratadas debido al crecimiento de la demanda de agua en los próximos 20 años.

Como resultado de esta actividad se elaboró una lista de referencias que se consultó para elaborar los requerimientos de agua según las actividades que se identificó.

A continuación se entrega un resumen detallado de los diversos sectores que se identificó en las etapas iniciales de este estudio.

4.2 Requerimientos de Uso en Agua Potable

En el caso de agua potable se ha dividido el análisis en sectores urbanos y rurales. Para el caso de los sectores urbanos la información utilizada corresponde a datos globales que la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) ha incluido en sus informes anuales, así como a información directa de las empresas sanitarias, para lo cual se han revisado los Planes de Desarrollo que éstas han presentado en los últimos años y que se encuentran disponibles en la biblioteca de la SISS. La información detallada obtenida de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias se ha incluido en el Anexo A junto a otra información procesada directamente por la SISS.

La información de los requerimientos de agua potable en zonas rurales se obtuvo directamente del Departamento de Programas Sanitarios dependiente de la Dirección de Obras Hidráulicas (DPS-DOH). En particular se utilizó información procesada en un estudio del año 1996, el cual analizó la distribución geográfica de los consumos de agua potable en términos de la dotación. Si bien se puede considerar que esta información no está actualizada se trata de un esfuerzo de sistematización que recoge de manera muy adecuada el nivel de información requerido para cumplir con los objetivos del estudio.

Finalmente se ha recurrido a la información de fuentes internacionales, lo que ha permitido contrastar los valores obtenidos de la revisión en las SISS y DPS-DOH.

4.2.1 Agua Potable en Zonas Urbanas

Tal como se ha mencionado, la información correspondiente a zonas urbanas se obtuvo desde una revisión de la información disponible en documentos generados por la SISS y en los planes de desarrollo de las mismas empresas sanitarias.

En lo que respecta a datos de la SISS el Informe de Gestión del Sector Sanitario 2003 incluye información sobre las 49 empresas concesionarias a lo largo del país. Información específica sobre la dotación de consumo de las 19 empresas de mayor tamaño se incluye en la Tabla 4.1. En esta tabla se ha separado las empresas en tres categorías, clasificándolas según su número de clientes en empresas Mayores, Medianas y Menores. En este caso se observa que la dotación promedio de las empresas mayores es del orden de 190 l/hab/día, mientras que para las empresas menores (incluyen sectores de mayor consumo como por ejemplo el sector oriente de Santiago) tiene una dotación promedio del orden de 200 l/hab/día. Si bien estas cifras son indicativas del nivel de consumo promedio de agua potable por parte de la población abastecida por una empresa sanitaria, ellas no muestran las particularidades de algunos sectores específicos del área de concesión al tratarse de valores agregados. Asimismo, estos datos no muestran efectos como las pérdidas de conducción y los coeficientes de demanda diaria, los que deben incluirse para determinar las demandas de agua reales.

Para incorporar los efectos anteriormente señalados se consiguió información más detallada para analizar los rangos de valores para la dotación de consumo según sectores o ciudades abastecidas por las diversas empresas sanitarias. Para lo anterior se recurrió a la información contenida en los planes de desarrollo de las empresas sanitarias, lo que se entrega resumido en la Tabla 4.2.

La información que se presenta en la Tabla 4.2 corresponde a los valores extremos de dotación de consumo (mínimo y máximo) para las diversas empresas sanitarias. En este caso se ha considerado sólo aquellos sectores o ciudades (dependiendo del nivel de detalle del Plan de

Desarrollo) con un consumo promedio anual superior a 10 l/s. Esto último permitió eliminar o filtrar datos de dotación artificialmente altos y trabajar sólo con aquellos más representativos. En el caso de algunas empresas (por ejemplo COOPAGUA y Aguas Dominicos) no se contó con la información de detalle para analizar su dotación de consumo por sectores, lo que no afectará este análisis dado que se dispone de datos de zonas con características similares.

Los datos que se muestran en la Tabla 4.2 describen una situación más realista que aquella que se resume en la Tabla 4.1, la que corresponde sólo a valores promedio de un área geográfica relativamente amplia. En este caso es posible observar las grandes variaciones de la dotación de consumo dentro de una misma empresa y dependiendo del sector de la concesión, lo que refleja la variabilidad por el tipo de consumo en esas áreas.

Tabla 4.1
Dotación de Consumo de Empresas Sanitarias

Empresa	Población Abastecida (Habitantes)		Dotación (l/hab/día)	
	2003	2002	2003	2002
Empresas Mayores:	7.690,535	7.580,682	183.7	186.1
AGUAS ANDINAS	5,561,072	5,476,909	197.3	199.3
ESSBIO	2,129,463	2,103,773	148.2	151.8
Empresas Medianas:	3,782,709	3,714,345	164.1	167.2
SMAPA	618,446	600,158	211.2	212.1
ESVAL	1,418,670	1,405,636	170.6	170.8
ESSCO	519,702	511,105	144.8	150.0
A NUEVO SUR MAULE	631,731	616,583	143.4	149.4
ESSAR	594,161	580,863	138.7	146.3
Empresas Menores:	2,553,932	2,494,429	201.4	203.4
AGUAS MANQUEHUE	17,801	17,186	968.8	889.1
COOPAGUA	4,400	3,352	932.1	1,064.7
AGUAS LOS DOMÍNICOS	15,642	14,319	743.5	778.3
AGUAS CORDILLERA	433,095	415,534	366.5	374.6
SERVICOMUNAL	70,913	68,446	195.0	191.1
ESMAG	148,923	147,290	173.9	179.1
ESSAT	414,957	408,728	158.5	158.9
A PATAGONIA AYSÉN	69,343	68,564	158.2	159.5
EMSSAT	243,641	239,201	153.9	154.6
AGUAS DECIMA	131,758	128,717	148.1	153.8
ESSAL	538,585	529,586	143.9	148.3
ESSAN	464,874	453,506	154.4	156.7

Fuente: Informe de Gestión de Sector Sanitario 2003. S.I.S.S.

Para efectos de los objetivos de este estudio se separaron los datos disponibles en tres grupos. Un primer grupo corresponde a aquellos sectores de mayor consumo unitario, los que se asociaron a viviendas con amplios jardines y otros consumos elevados de agua que aumentan

su dotación de consumo. En este grupo se incluyen las empresas Aguas Manquehue, Coopagua, Aguas Los Dominicos, Aguas Cordillera y algunos sectores en el área de concesión de Aguas Andinas. Un segundo grupo está constituido por el resto de las empresas, las que se asociarán a viviendas con consumos más tradicionales. Finalmente, el tercer grupo corresponde a aquellas localidades dentro de algunas empresas sanitarias que presentan una alta estacionalidad, para lo cual se identificó un conjunto de ellas que permiten caracterizar este tipo de sectores.

A partir de este criterio se preparó un conjunto de gráficos los que se presentan en las Figuras 4.1 a 4.4. Estas figuras muestran la distribución geográfica de la dotación de consumo para el total de las empresas sanitarias y para la sectorización en los tres grupos señalados con anterioridad.

Tabla 4.2
Dotaciones Máximas y Mínimas de Consumo

Empresa	Dotación (l/hab/día)		Dotación (l/hab/día)	
	2003	2002	MIN	MAX
Empresas Mayores:	183.7	186.1		
AGUAS ANDINAS	197.3	199.3	104.0	808.0
ESSBIO	148.2	151.8	87.0	257.0
Empresas Medianas:	164.1	167.2		
SMAPA	211.2	212.1	105.0	298.0
ESVAL	170.6	170.8	128.0	889.0
ESSCO	144.8	150.0	119.0	254.0
A NUEVO SUR MAULE	143.4	149.4	96.0	173.0
ESSAR	138.7	146.3	124.0	233.0
Empresas Menores:	201.4	203.4		
AGUAS MANQUEHUE	968.8	889.1	730.0	815.0
COOPAGUA	932.1	1064.7	(-)	(-)
AGUAS LOS DOMÍNICOS	743.5	778.3	(-)	(-)
AGUAS CORDILLERA	366.5	374.6	291.0	1.321.0
SERVICOMUNAL	195.0	191.1	(-)	(-)
ESMAG	173.9	179.1	156.0	187.0
ESSAT	158.5	158.9	111.0	216.0
A. PATAGONIA AYSÉN	158.2	159.5	139.0	141.0
EMSSAT	153.9	154.6	104.0	179.0
AGUAS DECIMA	148.1	153.8	147.0	147.0
ESSAL	143.9	148.3	93.0	289.0
ESSAN	154.4	156.7	77.0	106.0

(-) No hay dato disponible

Fuente: Informe de Gestión de Sector Sanitario 2003 (SISS) y Planes de Desarrollo.

Figura 4.1
Dotación de Consumo en Total de Empresas Sanitarias
(Mínimo y Máximo en Área de Concesión)

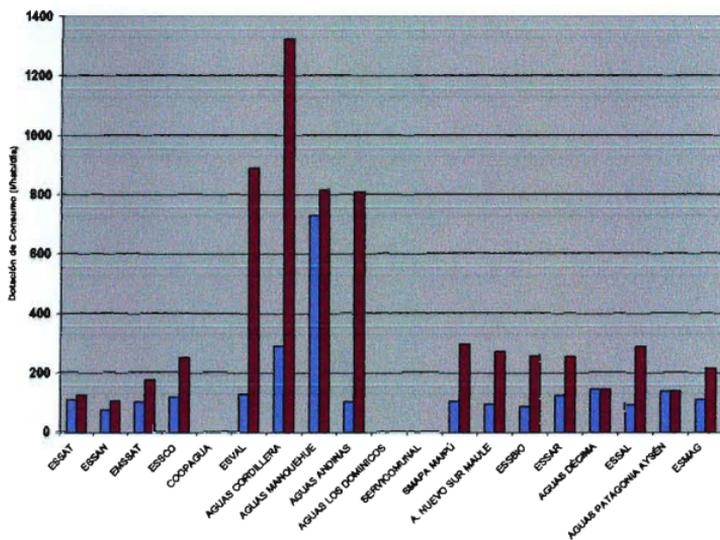


Figura 4.2
Dotación de Consumo Asociadas a Sectores de Consumo Tradicional
(Mínimo y Máximo en Área de Concesión)

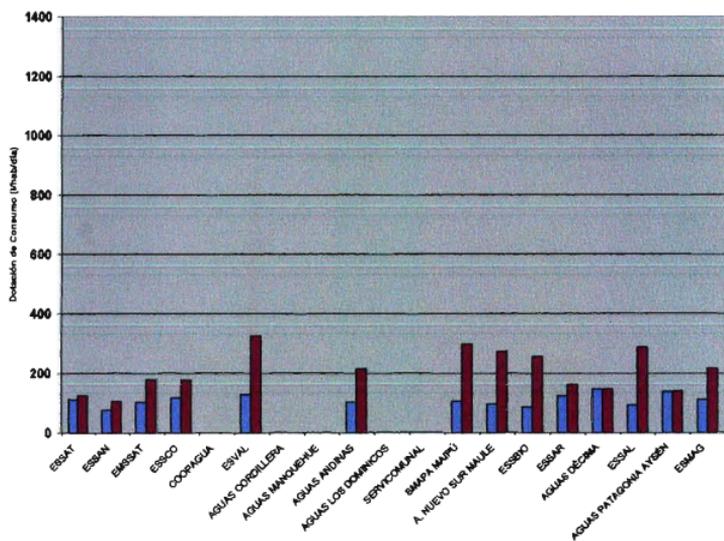


Figura 4.3
Dotación de Consumo Asociadas a Sectores de Alto Consumo
(Mínimo y Máximo en Área de Concesión)

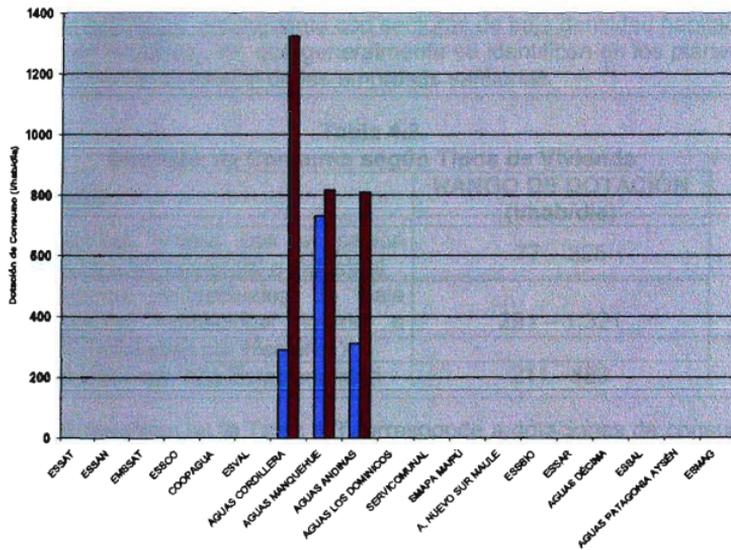
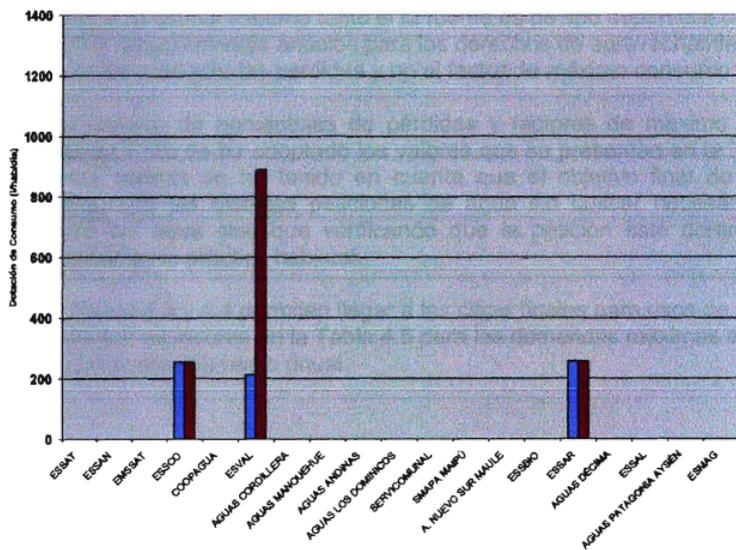


Figura 4.4
Dotación de Consumo Asociadas a Sectores con Variación Estacional Marcada
(Mínimo y Máximo en Área de Concesión)



Posteriormente, la información procesada para cada tipo de consumo de agua potable permitió definir la Tabla 4.3, la que muestra los límites de dotación de consumo asociados a estos tres grupos. La zona de consumo tradicional que se indica en la Figura 4.2 corresponde a un sector mixto en el cual se encuentran áreas residenciales, comerciales e industriales. Las zonas de alto consumo están asociadas directamente con sectores de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea), los que generalmente se identifican en los planes reguladores de las ciudades y áreas de concesión de las empresas sanitarias.

Tabla 4.3
Dotación de Consumo según Tipos de Vivienda

USOS	RANGO DE DOTACIÓN (l/hab/día)
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	77 – 325
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	291 – 1,321
Sectores con Alta Estacionalidad	211 - 889

Los valores que se presentan en la Tabla 4.3 corresponde a dotaciones de consumo obtenidas como un promedio anual, lo que no considera las pérdidas y agua no contabilizada, así como tampoco incluye el efecto del factor de máximo consumo diario. El efecto de las pérdidas debe ser incluido para considerar que el agua entregada a la población es un porcentaje de lo que la empresa realmente requiere a nivel de la fuente debido a pérdidas físicas de conducción en la red, así como también a problemas de medición y otras pérdidas en el trayecto. Por su parte, el factor de máximo consumo diario considera que la demanda de agua potable es marcadamente de tipo estacional, por lo que durante los meses de verano se produce un aumento de su uso, y en particular hay días con valores más altos de demanda. Este efecto hace aumentar la dotación requerida para prever esta situación a nivel de la fuente. Cabe mencionar que este último factor condiciona el caudal máximo tanto si la fuente es de tipo superficial o subterránea. Para efectos de definir requerimientos anuales para los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas se considerarán sólo las pérdidas y no el factor de máximo consumo diario.

De acuerdo a una revisión de porcentajes de pérdidas y factores de máximo consumo en empresas sanitarias en Chile se ha adoptado los valores que se presentan en la Tabla 4.4. En la adopción de estos valores se ha tenido en cuenta que el objetivo final de la Tabla de Requerimientos es acoger las distintas peticiones de agua sin buscar necesariamente una optimización del uso del agua sino que verificando que la petición esté dentro de rangos comúnmente aceptados en la práctica habitual.

Los valores de las Tablas 4.3 y 4.4 permiten llegar a las cifras finales para usos de agua potable en zonas urbanas, lo que se resume en la Tabla 4.5 para las demandas máximas diarias y en la Tabla 4.6 para las demandas promedio anual.

Tabla 4.4
Factores de Aumento de la Dotación de Consumo

PARÁMETRO	VALOR ADOPTADO
Porcentaje de Pérdidas (%)	30.0
Factor de Máximo Consumo Diario	
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	1.5
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	2.5
Sectores con Alta Estacionalidad	2.0

Tabla 4.5
Dotación Máxima según Tipos de Vivienda

USOS	DOTACIÓN DE PRODUCCION (l/hab/día)
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	650
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	4,300
Sectores con Alta Estacionalidad	2,500

Tabla 4.6
Dotación Promedio Anual según Tipos de Vivienda

USOS	DOTACIÓN DE PRODUCCION (l/hab/día)
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	430
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	1,750
Sectores con Alta Estacionalidad	1,200

En el caso específico de los sectores residenciales de baja densidad habitacional la dotación de producción identificada en la Tabla 4.5 es un límite superior para los requerimientos de agua potable. La mayoría de los sistemas de abastecimiento en sectores de estas características tendrán dotaciones más bajas que la señalada anteriormente.

4.2.2 Agua Potable en Zonas Rurales

Para efectos de analizar los requerimientos de agua potable en el sector rural se ha utilizado información generada en el DPS-DOH, organismo encargado de la supervisión técnica de los sistemas de APR en Chile. Estudios desarrollados a fines de los años 90 permitieron agrupar la información histórica relativa a los consumos de agua potable en comunidades rurales y analizar su variación geográfica. Si bien los datos generados en ese estudio no están actualizados al año 2005 nos permiten estimar los requerimientos tradicionales de esta actividad para luego incorporar la incertidumbre mediante un factor de seguridad adicional.

Desde un punto de vista histórico, los sistemas de APR se comenzaron a diseñar con dotaciones de consumo muy inferiores a aquellas correspondientes a sectores urbanos ya que se suponía que estos sistemas sólo utilizaban pilotes públicos. Las dotaciones de consumo oscilaban entre 20 y 40 l/hab/día. Posteriormente se incorporan sistemas de regulación y arranques domiciliarios, lo que produce un aumento en los requerimientos de agua potable, los que se acercan a los valores promedio de zonas urbanas. A modo de ejemplo, en la Tabla 4.7 se indican los requerimientos de agua en sistemas rurales de acuerdo al tipo de conexión domiciliaria.

Tabla 4.7
Dotación de Consumo en Zonas Rurales

TIPOS DE CONEXIÓN	DOTACIÓN DE CONSUMO (l/hab/día)
Una llave única	60
Una unidad: lavamanos y lavaplatos	150
Conexión normal	200

Fuente: Rodríguez (1996)

Más allá de los valores recomendados para diseño de sistema de APR, estudios realizados en los años 1987 y 1989 permitieron establecer que las dotaciones efectivas de los servicios rurales existentes en Chile oscilaban entre los 50 y 100 l/hab/día.

Durante el año 1996 se llevó a cabo una evaluación de las dotaciones de consumo en sistemas de APR en Chile (Rodríguez, 1996). Este estudio contempló la revisión de 119 servicios existentes entre la I y XII regiones del país. Dentro de los aspectos considerados en el estudio de la referencia se incluyó la localización del servicio de APR, su antigüedad, su rango de población abastecida, la distancia desde un centro urbano y su nivel socio-económico.

Como resultado del estudio se obtuvo una dotación media general de 79.8 l/hab/día, y se pudo determinar la distribución geográfica de las dotaciones, lo que se resume en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8
Distribución Geográfica de Dotación de Consumo en APR

ZONA GEOGRAFICA	REGIONES	DOTACIÓN DE CONSUMO (l/hab/día)
Zona Norte	I, II, III	59.6
Zona Centro 1	IV, V, VI, VII	81.5
Zona Centro 2	RM	106.5
Zona Sur	VIII, IX, X, XI, XII	61.1

Fuente: Rodríguez (1996)

Otro aspecto que se destaca en el estudio de Rodríguez (1996) es la falta de datos sobre pérdidas en los sistemas de distribución al carecer la mayoría de los sistemas de APR de medidores de caudal en las unidades domiciliarias. La información anterior permite realizar una estimación de la dotación de producción para sistemas de APR para lo cual se considerará un factor de seguridad cercano a 2, lo que permite definir el requerimiento que se presenta en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9
Dotación Máxima en Sistemas de Agua Potable Rural (APR)

USOS	DOTACION DE PRODUCCION (l/hab/día)
Sistemas de Agua Potable Rural	200

4.2.3 *Requerimientos de Agua en Faenas Productivas*

El agua de consumo humano es para bebida, cocción, lavado, riego, y baños. Los datos disponibles indican que en caso de una faena productiva esta cantidad varía entre 130 y 200 litros por día por persona (Bechtel Chile - 1997 - citado por Lagos, 1997).

Para efectos de faenas productivas y similares se adoptará un valor equivalente al de los sistemas de APR, con lo cual se utilizará una dotación máxima de 200 l/hab/día.

4.3 **Requerimientos de Agua en Riego**

4.3.1 *Análisis de los Estudios Integrales de la CNR*

En una primera instancia se analizó diversos proyectos integrales de riego llevados a cabo por la Comisión Nacional de Riego (CNR). Cada uno de estos proyectos comprende una amplia zona estudio para la cual se determinaron la disponibilidad y requerimientos de agua para la agricultura. Así fue posible obtener valores de la demanda de agua de riego asociada a extensas áreas de cultivo, considerándose éstos como valores de referencia de las dotaciones de riego existentes a lo largo del país.

Los estudios integrales consultados fueron los de Choapa, Elqui, Putaendo, Maipú - Yali y Alhué, Mataquito, Itata, Maule, y Magallanes. De ellos, sólo los informes del Elqui, Putaendo, Maipú - Yali y Alhué, Mataquito, e Itata presentaban la información procesada en una forma adecuada para los fines de este trabajo. En la Tabla 4.10 se muestran las demandas de riego globales o integradas para cada una de las cuencas analizadas. Además en el Anexo de Riego se encuentran los valores para los distintos sectores considerados dentro del área de estudio.

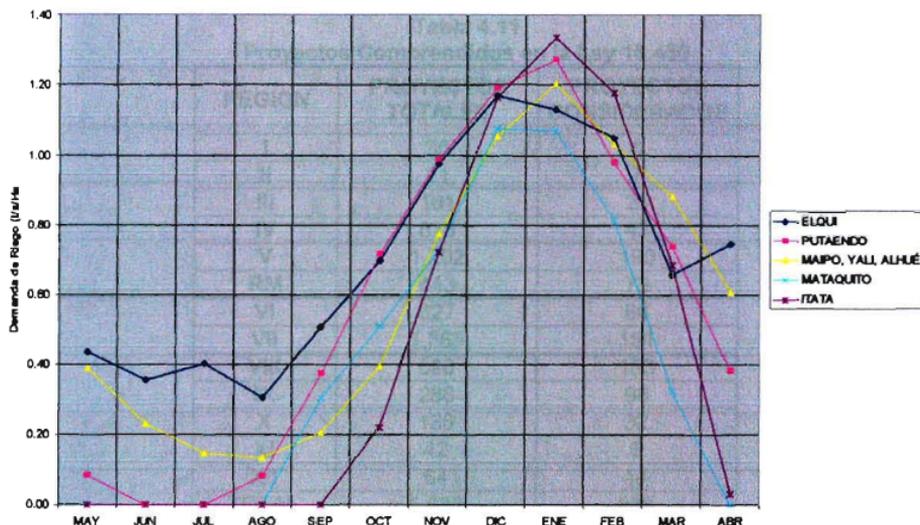
Tabla 4.10
Demanda de Agua de Riego Anual (m³/año/Há) según Estudios Integrales de la CNR

CUENCA	Demanda de Agua (m ³ /año/Há)
ELQUI	21.866
PUTAENDO	17.625
MAIPO, YALI, ALHUÉ	18.292
MATAQUITO	12.506
ITATA	13.810

Tal como se muestra en la Tabla 3.1, las demandas globales de agua para riego oscilan entre 13.000 y 22.000 m³/año/Há, con una disminución progresiva hacia el sur del país debido a que la demanda de riego es suplida en parte por la precipitación local.

Para apreciar con mayor claridad la distribución de la demanda de riego a nivel nacional, en la Figura 4.5 se muestra la distribución de las demandas de agua para riego a nivel mensual, encontradas para cada una de las cuencas indicadas en la Tabla 4.10. Las zonas han sido ordenadas de norte a sur para una interpretación más clara de los resultados.

Figura 4.5
Distribución Mensual de la Dotación de Riego para las Cuencas Analizadas



En este caso se observa que los valores máximos de la demanda de riego a nivel mensual se tienen, para todos los casos indicados en la Figura 3.1, en los meses de Diciembre y Enero. En el caso de la cuenca del Elqui se tiene valores para la demanda de riego en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, lo que contribuye a aumentar la demanda anual indicada en la Tabla 4.10.

4.3.2 Análisis de la Ley 18.450 de Fomento de Inversión Privada en Obras de Riego

Como parte de los análisis realizados en este trabajo se incluyó la revisión de proyectos de riego beneficiados con la Ley 18.450. Para cada uno de los proyectos de riego la CNR dispone de información sobre el área beneficiada por el proyecto así como el derecho de agua asignado a éste. Dichos derechos, entregados por la DGA, muchas veces hacen referencia a acciones, porcentajes de uso, períodos de uso, u otro tipo de asignación del derecho. Debido a lo estrecho de los plazos no se ahondó en su equivalencia a caudal y sólo se utilizaron aquellos proyectos en que se expresaba el derecho otorgado en litros o metros cúbicos por segundo. Una vez seleccionados los proyectos con información relevante, se calculó la dotación de riego para cada proyecto dividiendo el caudal otorgado a través de los derechos de agua y el área beneficiada del proyecto. De ésta manera se obtuvo la demanda de riego para cada proyecto en unidades de l/s/ha.

Al analizar los resultados de esta revisión se encontró que muchos de los valores calculados eran excesivamente altas, debido principalmente a distorsiones en los caudales asociados al proyecto o a las áreas beneficiadas con la ley. El total de proyectos incluidos en la base de datos de la CNR alcanzó a 5.588, de los cuales un total de 867 disponían de información adecuada para el análisis de la dotación o demanda de riego. La Tabla 4.11 muestra un resumen con el número de proyectos por región y el número de proyectos seleccionados para el análisis.

Tabla 4.11
Proyectos Comprendidos en la Ley 18.450

REGION	PROYECTOS TOTALES	PROYECTOS CONSIDERADOS
I	36	6
II	11	7
III	161	25
IV	615	43
V	1.202	190
RM	443	73
VI	627	66
VII	1.369	151
VIII	596	153
IX	286	98
X	136	32
XI	42	9
XII	64	14
TOTAL	5.588	867

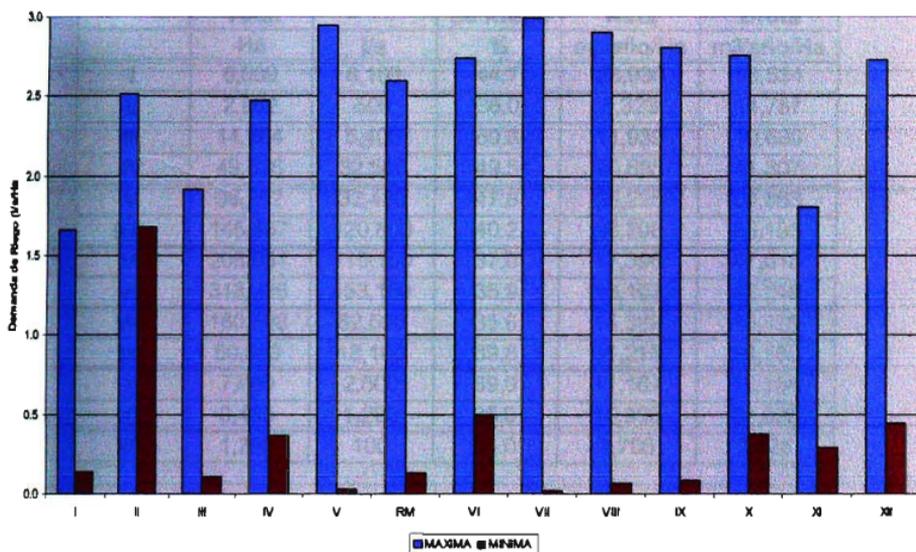
Los proyectos que contaban con información de caudales y superficie de riego fueron utilizados para evaluar las demandas de riego en l/s/Há. Los valores de demanda de riego superiores a 30 l/s/Há fueron eliminados en forma directa y se obtuvo un conjunto de datos más restringido que permitió determinar las demandas mínimas y máximas, lo que se resume en la Tabla 4.12 y la Figura 4.6

Un análisis de esta información muestra que los datos analizados no son adecuados para obtener valores representativos para la demanda de riego a partir de la información de la Ley 18.450. En efecto, los valores de demanda máxima obtenidos en este análisis son muy superiores a aquellos identificados, a nivel global, en los estudios integrales de riego desarrollados por la CNR.

Tabla 4.12
Demandas de Riego Máximas y Mínimas

REGION	DEMANDAS DE RIEGO (l/s/Há)		PROYECTOS REVISADOS	
	MAXIMA	MINIMA	TOTALES	CONSIDERADOS
I	1.66	0.14	36	6
II	2.51	1.68	11	7
III	1.91	0.11	161	25
IV	2.47	0.37	615	43
V	2.95	0.03	1202	190
RM	2.60	0.13	443	73
VI	2.74	0.50	627	66
VII	2.99	0.02	1369	151
VIII	2.90	0.06	596	153
IX	2.81	0.08	286	98
X	2.75	0.37	136	32
XI	1.80	0.29	42	9
XII	2.73	0.44	64	14
TOTAL			5588	867

Figura 4.6
Demandas de Riego Máximas y Mínimas



4.3.3 Taller Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos

Dentro del informe realizado para el Taller Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos se encuentra la información entregada por la ODEPA en cuanto al área, caudales y eficiencia de riego anuales para cada región del país. Puesto que la información se presenta agregada a nivel anual, se considerará la demanda de riego en unidades de m³/ha/año, la que se presenta resumida en la Tabla 4.13 y gráficamente en la Figura 4.7.

Los valores que se muestran en la Tabla 4.13 son relativamente elevados y no coinciden con los valores obtenidos para algunas cuencas como la del Elqui (IV Región) y Mataquito (VII Región).

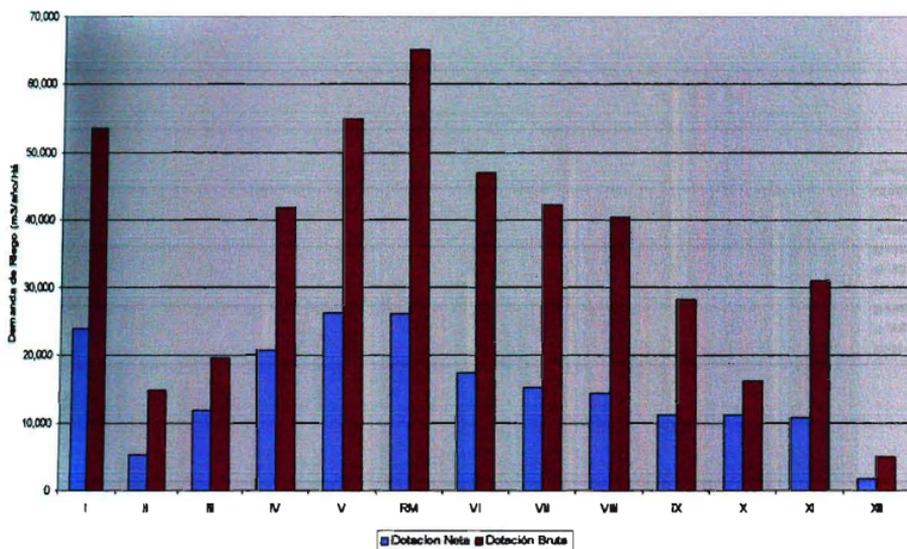
En particular se observa valores muy elevados de la demanda de riego bruta (incluye eficiencias de riego y eventualmente de conducción) en las regiones Primera, Quinta, y Metropolitana. Por otra parte, los valores de dotación en la XII Región es muy baja tanto en lo que corresponde a la demanda bruta y a la neta.

Un aspecto a destacar de estos datos dicen relación con la eficiencia de riego en las distintas regiones, donde se pone de manifiesto el lugar destacado de las regiones III y X, con un 61% y 69%, respectivamente.

Tabla 4.13
Demandas de Riego por Región (ODEPA)

Región	Superficie Total	Demanda	Eficiencia de Riego	Demanda Neta	Demanda Bruta
	Há	l/s	%	m ³ /año/Ha	m ³ /año/Ha
I	8,039	6,100	44.7	23,930	53,534
II	2,962	500	36.0	5,323	14,787
III	14,264	5,400	60.8	11,939	19,636
IV	49,526	32,500	49.5	20,695	41,807
V	38,962	32,400	47.8	26,225	54,863
RM	145,357	120,800	40.2	26,208	65,195
VI	208,651	115,100	37.0	17,396	47,018
VII	318,326	153,100	35.9	15,167	42,249
VIII	180,808	82,500	35.6	14,389	40,420
IX	50,893	18,100	39.8	11,216	28,180
X	7,060	2,500	69.0	11,167	16,184
XI	3,485	1,200	35.0	10,859	31,025
XII	1,792	100	35.0	1,760	5,028

Figura 4.7
Demandas de Riego Anuales, por Región



4.3.4 Información Internacional

Para comparar los valores de demandas de riego obtenidas en estudios nacionales se recurrió a información contenida en informes internacionales, para lo cual se utilizó en forma específica un documento desarrollado en los EEUU sobre aspectos históricos del riego en este país. En este documento se entrega información general sobre la demanda de riego para distintos sectores de los EEUU y su variación entre los años 1969 y 1994. La información original se presenta en pulgadas/año pero fue convertida a l/s/ha y m³/año/ha para comparar con los valores obtenidos en la presente revisión.

En forma adicional se entrega información sobre la variación de la demanda anual para una serie de cultivos tradicionales los que incluyen el maíz, praderas naturales, arroz, soya, algodón y alfalfa. Al igual que en el caso anterior esta información se presenta para los años 1969 a 1994.

En las Figuras 4.8 y 4.9 se muestra la demanda de riego por sector geográfico y por cultivo, respectivamente. Los resultados indican valores máximos de la demanda de riego, a nivel anual, cercanos a 10,000 m³/año/Há.

Figura 4.8
Demanda de Riego de Estados Unidos (m³/año/ha)

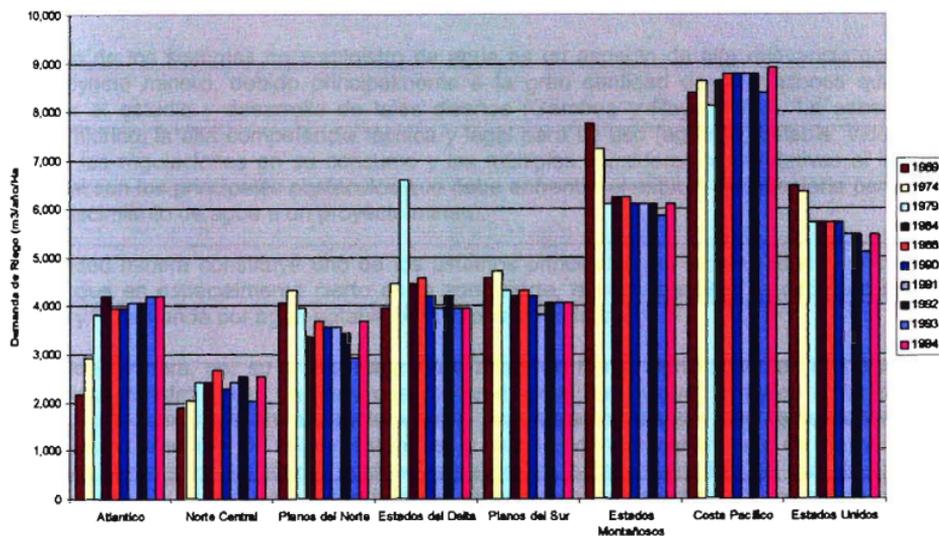
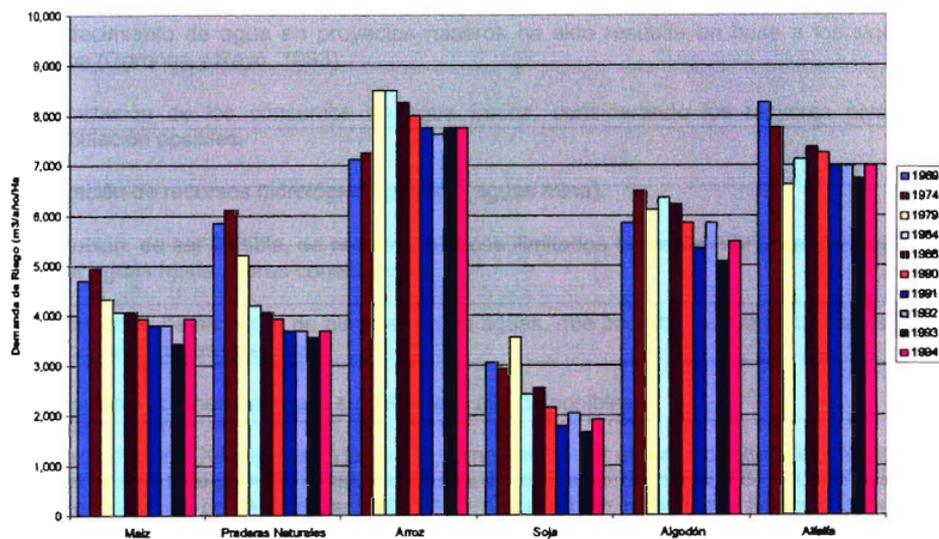


Figura 4.9
Demanda de Riego por Cultivo (m³/año/ha)



4.4 Requerimientos de Agua en Minería

4.4.1 Aspectos Históricos

El diseño de los sistemas de suministro de agua es un aspecto de alta relevancia dentro de todo proyecto minero, debido principalmente a la gran cantidad de restricciones que debe enfrentar el estudio y desarrollo de tales diseños (Gamboa y Rayo, 1993). La escasez del recurso hídrico, la alta competencia técnica y legal para su uso (agrícola, potable, industrial y minero), las regulaciones en su consumo y las múltiples consideraciones relativas al impacto ambiental son los principales obstáculos que debe enfrentar el estudio de ingeniería para dotar de abastecimiento de agua a un proyecto minero.

La actividad minera constituye uno de los usuarios principales del recurso hídrico en nuestro país, lo que es especialmente cierto en la zona norte, donde cohabitan la actividad minera, agrícola y la demanda por agua potable para la población local.

La actividad minera, por su propia naturaleza, altera en forma significativa las características topográficas e hidrológicas de las áreas comprometidas: se mueven grandes volúmenes de material, se construye infraestructura vial, se instalan plantas de procesamiento y campamentos, tranques de relave, estanques y piscinas de almacenamiento de aguas y otras soluciones. Asimismo, se utilizan sustancias peligrosas para el beneficio de los minerales, el material removido es expuesto a condiciones diferentes a las naturales, lo que puede cambiar sus características químicas, generando soluciones contaminantes (AMPLSGM, 2002).

Debido a lo limitado del recurso agua, el diseño de los sistemas de suministro debe incluir consideraciones relativas a derechos de agua, aspectos hidrológicos de seguridad de abastecimiento, puntos de abastecimiento, volúmenes de reserva o almacenamiento para periodos de déficit, entre otros aspectos críticos. Tomando en cuenta lo anterior, la problemática de abastecimiento de agua en proyectos mineros ha sido resuelta en base a los siguientes conceptos (Gamboa y Rayo, 1993):

- Minimización de los consumos de agua fresca, considerando los mayores niveles de recirculación posibles.
- Utilización de recursos hidrológicos propios (aguas mina).
- Utilización, de ser factible, de recursos hídricos ilimitados (agua de mar), aunque signifique elevar aguas hasta alturas considerables.
- Construcción de sistemas de almacenaje de aguas, que permitan regular y utilizar recursos hídricos eventuales (crecidas).
- Captación y bombeo de aguas subterráneas aún disponibles.

A principios del siglo XX, época en la cual la competencia por el recurso hídrico era mínima, las empresas mineras llegaron a considerar tasas de consumo de hasta 2.5 a 3.0 m³ de agua fresca por tonelada de mineral, sobretodo en procesos de molienda - flotación diferencial. Posteriormente, los fuertes incrementos de producción minera, así como los notables repuntes de la actividad agrícola e industrial, empezaron a crear una competencia técnica y legal (derechos de aguas) por el recurso hídrico. Más aún, sequías extremas como la ocurrida entre

los años 1966 a 1969, provocaron un impacto económico tan fuerte en la industria minera que ella empezó, en forma natural, a darle relevancia al recurso hídrico. Estos cambios en la industria minera se tradujeron en considerar la máxima recirculación de agua posible, contemplando el uso de espesadores para la recuperación de aguas de las colas y concentrados, así como la instalación de sistemas de recirculación de aguas desde los embalses de relaves. La situación anterior permitió reducir los consumos de agua fresca a valores entre 1.0 y 1.5 m³ de agua fresca por tonelada de mineral, en plantas de molienda - flotación o molienda - agitación.

Más recientemente, la introducción de tecnologías de lixiviación en pilas, tanto para cobre como oro-plata, ha permitido reducir aún más los consumos de agua fresca, a valores entre 0.4 y 0.7 m³ de agua fresca por tonelada de mineral. Finalmente, la tecnología de filtrado de colas, sobretudo en el caso de la lixiviación por agitación, permite reducir los consumos a valores comprendidos entre 0.3 y 0.5 m³ de agua fresca por tonelada de mineral. Valores promedio de consumo de agua en actividades mineras en Chile se presentan en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14
Consumos Promedio de Agua en la Minería Nacional

Planta	Mineral Tratado	Consumo de Agua	Consumo Unitario	
	Ton	m ³ /día	m ³ /Ton mineral	l/Kg Cu Fino
Concentradora	838.266	829.699	0.99	-
Hidrometalúrgica	830,224	235,288	0.28	
Otros	-	173,369	0.10	
Total	1,668,490	1,238,356	0.75	97.3

Fuente: AMPLSGM (2002)

4.4.2 Uso del Agua en Minería del Cobre

4.4.2.1 Generalidades

En la minería del cobre el agua se utiliza fundamentalmente en el proceso tradicional de concentración por flotación, seguido de fusión y electrorefinación, o en el proceso hidrometalúrgico el que consta de lixiviación, extracción por solventes y electroobtención. A continuación se analiza el uso del agua en cada una de las actividades de la minería.

El agua fresca que ingresa a los procesos compensa:

- Las pérdidas como evaporación, fugas, filtraciones, humedad de los residuos y agua contenida en las soluciones de descarte si hubieran:
- Los usos de la faena, como consumo humano, riego de caminos, humedad del producto y otras actividades que utilizan agua como materia prima y de las cuales no es posible recuperarla (perforación, supresión de polvo, etc.).
- Las descargas del sistema, cuya necesidad de tratamiento dependerá del uso al que se les destine y del proceso que las genera. Dentro del proceso productivo, el transporte de pulpas y/o relaves a gran distancia es una de las actividades que genera una cantidad importante de descargas, debido en gran medida a la dificultad natural de recircular las aguas al resto del proceso.

4.4.2.2 Consumo Humano en Campamentos

El agua de consumo humano es para bebida, cocción, lavado, riego, y baños. Los datos disponibles indican que esta cantidad varía entre 130 y 200 litros por día por persona (Bechtel Chile – 1997 - citado por Lagos, 1997). Esta cantidad representa usualmente menos de 1.5% por ciento del agua consumida en una empresa minera. Este porcentaje varía bastante debido al diferente ámbito de actividades de las diversas empresas mineras. En empresas de gran dimensión, el consumo es usualmente más cercano o inferior a 1%.

4.4.2.3 Consumo en la Mina

El uso principal de agua en las minas de cielo abierto es en el riego de caminos con objeto de reducir el polvo en suspensión. Se trata, por ende, de consumo. En la minería subterránea, el consumo del agua es reducido y el problema consiste generalmente, al igual que en la minería de cielo abierto, en extraer el agua natural que se apoya en el fondo de los piques, la que puede provenir de lluvias o de afloramientos de las napas subterráneas.

Las cifras disponibles para minas inauguradas en la década de los 90s son cercanas a 5.4 a 5.8 m³/ton de cobre fino producido (Lefort – 1996 - citado por Lagos, 1997). Esta cifra es bastante más variable que lo indicado anteriormente ya que hay muchos factores que influyen en el abatimiento del polvo: superficies expuestas, morfología del terreno, precipitaciones anuales, vegetación natural, etc. Cifras disponibles indican que el agua utilizada en riego de caminos puede variar entre cero y el 15% del consumo total de agua de una faena minera. El consumo de 5.4 y 5.8 m³ por tonelada de cobre fino indicado más arriba corresponde aproximadamente a un 3% del consumo total por tonelada de cobre producida, considerando que la planta llega a producir cobre catódico. Si se considera una ley de mineral del 2% se obtiene un consumo en mina cercano a 0.12 m³ por tonelada de mineral tratado.

Información contenida en Rayo y otros (2002) indica que los consumos de agua en la operación minera oscilan entre 0.01 a 0.03 m³ por Tonelada de roca removida, lo que implica un consumo aproximado de 0.05 m³ de agua por Tonelada de mineral. De acuerdo al mismo informe no se esperan reducciones en estas cifras dado que ello significaría un menoscabo en la higiene ambiental en la operación minera y en las condiciones de seguridad de ellas.

4.4.2.4 Proceso de Concentración (Concentración - Fundición - Electrefinación)

Este proceso se inicia en plantas que realizan el chancado y molienda del mineral, seguido por la flotación, clasificación y espesamiento. La alimentación de estas plantas consiste en el mineral proveniente de la mina, el que consiste en sulfuros de cobre y contiene usualmente entre 0.5 y 3.0 por ciento de cobre. Con frecuencia, el mineral es acondicionado previo a la molienda. Ello significa que se le agrega agua y algunos reactivos que son importantes en la flotación. En la flotación existe un exceso de agua, en relación al mineral, y se hace generalmente a un pH alcalino (10 a 11). Por tanto es necesario añadir algún reactivo, usualmente cal, para elevar el pH desde 7 que contiene el agua natural, hasta 10 o 11.

El producto de estas plantas es un concentrado (parte valiosa del mineral que flota durante el proceso de flotación), el que contiene entre 25 y 45 por ciento de cobre dependiendo de las especies de mineral involucrado (calcopirita, covelina, calcosina, óxidos, etc.). Por otro lado el desecho de estas plantas es el relave, el que consiste en el mineral que no flota y que es enviado a los tranques de relave. Las pérdidas de agua durante el procesamiento de minerales

son variadas, debido a la complejidad de las plantas. Algunos mecanismos de pérdida de agua se indican a continuación:

- evaporación, especialmente en tranques de relave, espesadores y acopio de mineral y/o concentrado. La humedad del concentrado o de los minerales puede variar entre unos pocos por ciento hasta 15 o 20 por ciento, siendo lo usual cerca de 10 por ciento.
- infiltraciones producidas hacia las napas subterráneas pueden ser consideradas muchas veces como pérdidas ya que una parte considerable de esta agua queda absorbida en los suelos o se evapora. Sin embargo, una parte del agua puede ser recuperada de las napas.
- proceso de secado del concentrado previo a la fusión. El mineral debe ser alimentado a los hornos de fusión con la mínima cantidad de agua posible con objeto de aprovechar al máximo el combustible y las reacciones exotérmicas producidas durante la fusión. Si se considera una fundición de 100 mil toneladas de concentrado por año y de 10% de humedad, el agua que debe ser evaporada antes de la fusión es aproximadamente 0.3 metros cúbico por tonelada de cobre blister, aunque esta cifra puede variar dependiendo de la ley del concentrado y de las características de la fundición.

En general se puede afirmar que las plantas concentradoras de las grandes minas de cobre chilenas recuperan entre 30 y 84% del agua, dependiendo de las características específicas de los procesos. De los datos disponibles, el consumo de agua por tonelada de mineral tratado (mineral que ingresa a las plantas concentradoras) varía: 0.36 m³ (por tonelada seca) para el caso de Candelaria (Minería Chilena, No 186, 1996), 0.4 m³/ton después de la ampliación proyectada de Pelambres (Minería Chilena, No 185, 1996), 0.68 m³/ton en el caso de Minera Escondida (en 1995) (MEL, 1995), y aproximadamente 1.0 m³/ton en el caso de otras grandes instalaciones mineras (Lefort, 1996). En plantas concentradoras de tamaño mediano pequeño (>120 toneladas por día) hay cifras que sitúan el consumo entre 1.3 a 1.4 m³/ton de mineral, mientras que en plantas menores que 120 tpd en general no se recupera agua y el consumo puede llegar a 2.1 m³/ton (Luna, 1991).

A continuación, la fusión de concentrados se realiza con minerales sulfurados en diversos reactores y da origen al cobre blister o a ánodos. Una parte fundamental de la fusión es la recuperación del azufre contenido en el concentrado, el que durante la fusión se transforma en anhídrido sulfuroso, SO₂.

El consumo de agua en enfriamiento de gases puede variar considerablemente de una fundición a otra. Por ejemplo, una fundición que se encuentre cercana al mar puede utilizar en la casi totalidad del enfriamiento, agua de mar, devolviendo esta al mar una vez utilizada y asegurando que no se produzcan impactos ambientales de consideración debido al cambio de temperatura. Por otra parte se pueden utilizar intercambiadores de calor más eficientes en el enfriamiento, reduciendo de esta forma el consumo. También es posible utilizar más agua que la indicada anteriormente. Los otros procesos en que se usa parte importante del agua es en la producción de oxígeno, el que es necesario para hacer más eficiente las reacciones de fusión, y el lavado de gases que se realiza en las plantas de ácido con objeto de remover los sólidos que vienen entrapados en los gases. Por los motivos anteriores se estima que el consumo de agua de una fundición de cobre puede variar entre 8 y 15 m³/tonelada de cobre blister.

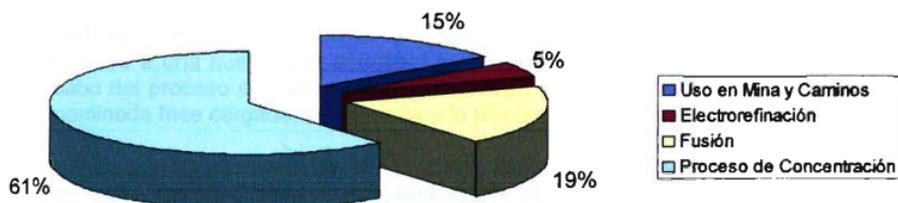
El proceso de refinación electrolítica es el último de la vía tradicional de recuperación del cobre. Consiste en electrolizar los ánodos provenientes de la fundición con objeto de eliminar las impurezas, principalmente metálicas, que son del orden de 0.1 a 0.3 por ciento. El cobre

depositado en los cátodos durante la electrorefinación debe tener una pureza superior al 99.99%. En la electrorefinación las pérdidas de agua se producen fundamentalmente debido a la evaporación y al descarte de soluciones. La primera ocurre en la parte superior de las celdas electrolíticas y está exacerbada debido a que la temperatura del electrolito es de aproximadamente 60°C. En la actualidad se utilizan pequeñas esferas plásticas que flotan sobre el electrolito y reducen la evaporación en forma muy sustancial. Se dispone de una cifra para una planta de electroobtención recién construida, y con respecto a la que no existen tantas variaciones. Esta cifra es de 0.25 m³ de agua por tonelada de cobre producido (Fluor Daniel – 1997 – citado por Lagos, 1997).

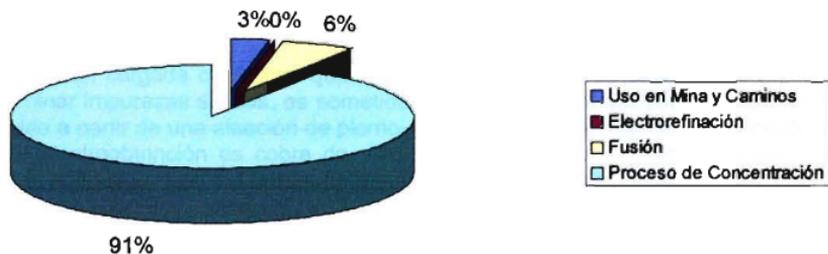
La Figura 4.10 muestra la distribución del consumo en el proceso de concentración, fusión y electrorefinación para el caso de dos empresas con consumos unitarios de 40 y 175 m³ de agua por tonelada de cobre fino producido. En ambos casos este cálculo se hizo para un mineral de 1.62% de ley (Lagos y Andía, 2000).

Figura 4.10
Uso de Agua en Proceso de Concentración (Tasa Mínimas y Máximas en Chile)

40 m³/Ton Cu Fino



175 m³/Ton Cu Fino



Fuente: Modificado de Lagos y Andía (2000)

4.4.2.5 Proceso Hidrometalúrgico

El proceso de lixiviación - extracción por solventes - electroobtención se utiliza desde la década de los 60 para la recuperación de cobre a partir de minerales oxidados de cobre, y desde la década de los 80 para la recuperación de algunos sulfuros secundarios, principalmente la calcosina.

Durante los 90, este proceso se ha aplicado en un creciente número de minas debido a su bajo costo de operación, comparado con el proceso tradicional. El proceso consiste básicamente en que el mineral extraído de la mina es chancado y posteriormente aglomerado con objeto de que cuando se construyen las pilas de lixiviación, la solución lixivante pueda percolar y entrar en contacto con las diversas partículas que contienen mineral. Durante la aglomeración el mineral se contacta con una solución que contiene ácido sulfúrico con objeto de comenzar el proceso de disolución del cobre.

Con posterioridad a la aglomeración el mineral, que contiene aproximadamente un 10% de humedad, se acopia en pilas de unos pocos metros de altura (dos a diez metros), dependiendo de las características del mineral y del lugar, y se riega la superficie superior con una solución ácida. Dicha solución percola al interior de la pila y junto al oxígeno produce la oxidación de los óxidos y sulfuros secundarios de cobre. Este proceso se puede acelerar con la inclusión de otros agentes oxidantes tales como ion férrico, y/o bacterias.

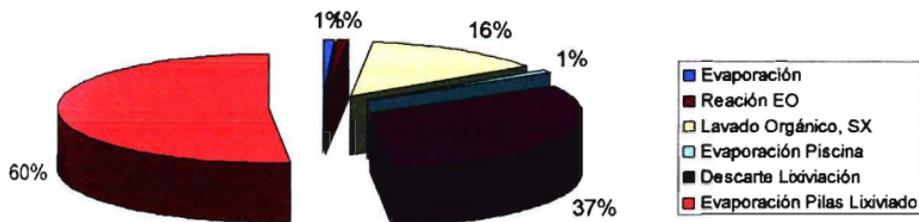
Las pilas de lixiviación se construyen sobre una superficie impermeabilizada con objeto de recuperar la totalidad de las soluciones y también de evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La solución recuperada en la parte inferior de las pilas contiene una pequeña concentración (1 a 3 g/l) de cobre, y previo a recuperar este mediante electroobtención, es preciso elevar su concentración en la solución. Ello se hace mediante el proceso de extracción por solventes (SX), el que consiste en la extracción del cobre de la fase acuosa a una fase orgánica y posteriormente la re-extracción del cobre desde la fase orgánica cargada con cobre a una nueva fase acuosa. La concentración del cobre en esta nueva fase acuosa, al cabo del proceso de extracción por solventes, es de aproximadamente 40 g/l. Esta solución denominada fase cargada, se alimenta a la planta de electroobtención.

Una vez que la solución proveniente de la lixiviación es descargada de cobre mediante extracción por solventes (SX), se reacondiciona su pH, el que ha variado, y se reutiliza en el riego de las pilas. En definitiva y al cabo de algunos ciclos, la solución preñada contiene bastantes impurezas que han sido incorporadas mediante la disolución de las pilas. La forma de descartar estas soluciones es agregarlas a una pila de la que ya se extrajo todo el cobre presupuestado y dejarla ahí. Como la base de estas pilas es impermeable, el destino de la solución de descarte es la evaporación. Las impurezas quedan atrapadas en la pila de descarte la que se denomina rípio.

Por último, la solución cargada con cobre que ingresa a la planta de electroobtención, previo filtrado para eliminar impurezas sólidas, es sometida a electrólisis, generándose oxígeno en el ánodo, constituido a partir de una aleación de plomo, y cobre metálico en el cátodo. El producto de la planta de electroobtención es cobre de alta pureza, el que es vendido de acuerdo a contratos realizados en alguna de las bolsas de metales existentes a nivel internacional.

La Figura 4.11 muestra la distribución del consumo en el proceso de Lixiviación - Extracción por Solvente - Electro Obtención, para el caso de una empresa con un consumo unitario de 32 m³ de agua por tonelada de cobre fino producido.

Figura 4.11
Uso de Agua en Proceso de Lixiviación - Extracción por Solvente – Electro Obtención
32 m3/Ton Cu Fino



Fuente: Modificado de Lagos y Andía (2000)

4.4.3 Uso del Agua en Minería no Metálica

4.4.3.1 Aspectos Históricos

Las rocas y minerales industriales (RMI) en Chile están representadas por unas 46 sustancias correspondientes a rocas, minerales, sales y sedimentos, de las cuales 39 son explotadas en forma permanente o esporádica y utilizadas, debido a sus propiedades físicas y químicas, como materia prima y aditivos, en la industria química y manufacturera, la construcción, la minería-metalurgia y la agroindustria (Gajardo et al, 2002).

Desde el punto de vista de sus características geográficas, de la ubicación geológica de sus RMI y de la distribución de su población. Chile puede ser dividido en tres grandes zonas principales:

- La zona norte, integrada por las Regiones I y II y noreste de la III, con una densidad poblacional de 4,5 habitantes/Km² (INE, 1998), donde se explotan las RMI de depósitos salinos: nitratos, yodo, sulfato de sodio, cloruro de litio, cloruro de potasio, boratos y sal común, principalmente por empresas del sector químico-industrial, además de diatomita y bentonita para la agroindustria (Gajardo, 2000).
- La zona centro-norte que comprende las Regiones III, IV y V, con una densidad poblacional de 17,84 hab/Km² (INE, 1998), donde se explotan parte importante de las RMI destinadas a las empresas de los sectores manufacturero, químico y agroindustrial: carbonato de calcio blanco, coquina, baritina, caolín, pirofilita, feldespatos, cuarzo, apatita, fosforita y dolomita. Asimismo, es importante productora de recursos para la construcción y la minería-metalurgia, produciendo el 35.5% de las calizas del país y el 25.5% del cuarzo (Gajardo, 2000).
- La zona centro-sur que comprende las Regiones Metropolitana a X, con una densidad poblacional de 66.5 hab/Km² (INE, 1998). En esta porción del país existen y se explotan, las más importantes RMI que abastecen las industrias del sector construcción y manufacturero relacionado, así como de los sectores minero-metalúrgico y químico: áridos, arcilla común, arcilla plástica, caliza, yeso, pumicita, tobas, caolín, feldespatos, cuarzo, arena silícea, arcilla bauxítica. En ella se concentra sobre el 90% de la producción de áridos del país; el 40% de la producción de caliza y el 39% de la producción de cuarzo, para construcción y minería-metalurgia; sobre el 80% de la producción de arcilla común para cerámica roja; el 100% de

la producción de arcillas plásticas para cerámica blanca y de arenas silíceas para fabricación de vidrio; el 90% del caolín para construcción e industria manufacturera; el 80% de la puzolana y el 90% del yeso, destinados a construcción (Gajardo, 2000).

4.4.3.2 Uso del Agua en Minería no Metálica

Información sobre uso de agua en minería no metálica ha sido obtenida directamente en regiones por parte de las oficinas regionales de la Dirección General de Aguas.

En el caso de la Primera Región se dispone de información sobre el consumo de agua en tres empresas dedicadas a la producción de yodo. Estos datos se obtuvieron de información de consumos de agua proporcionados por la DGA y datos de producción suministrados por SERNAGEOMIN. Los datos disponibles se resumen en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15
Consumo de Agua en Producción de Yodo (m^3 por Tonelada de Yodo Producido)

EMPRESA	CONSUMO
SOQUIMICH	1.430
MINERA ACF	664
MINERA DSM	698

Fuente: Comunicación Personal Orlando Acosta (2005)

Otra información recopilada por la DGA en la Primera Región se refiere al uso de agua por material a tratar (caliche). Las estimaciones propias de las empresas indican del orden de 1 a 2 m^3 por tonelada de caliche, lo que en general parece muy elevado. Se sugiere un valor menor del orden de 1 m^3 por tonelada de caliche.

En el caso de la Segunda Región se dispone de información recopilada a nivel regional, lo que indica que la producción en minería no metálica se orienta principalmente a productos como nitratos, yodo, carbonato de litio, cloruro de potasio, sulfuro de potasio y ácido bórico. La Tabla 4.16 resume las producciones anuales de estos elementos durante el año 2003, mientras que la Figura 4.12 presenta los pozos ubicados en la II Región, asociados a la minería no metálica.

Figura 4.12
 Pozos en II Región asociados a Minería No Metálica

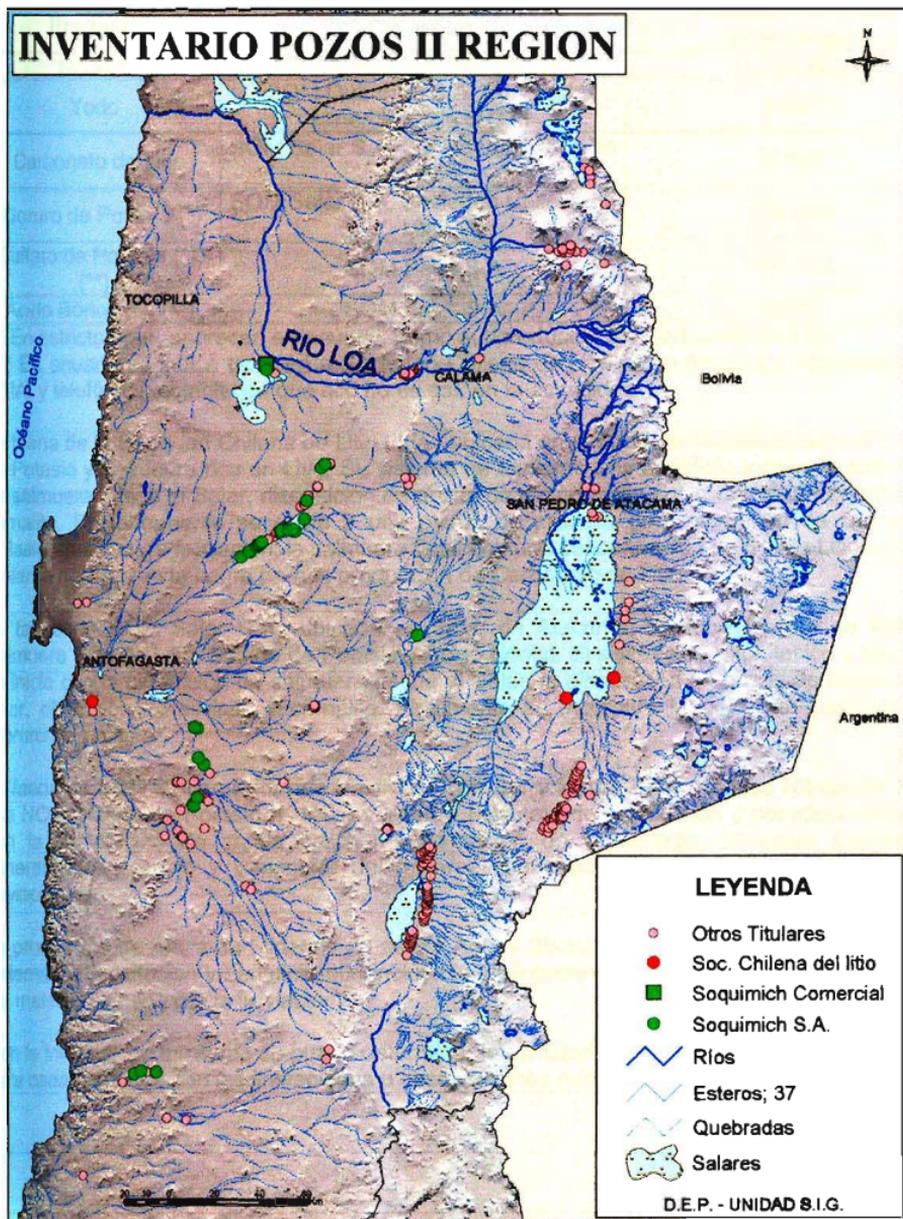


Tabla 4.16
Productores de Minería No Metálica en Segunda Región

Producto	Productores	Producción Anual (toneladas)
Nitratos	SQM Nitratos S.A., PCS Yumbes	1,133,921
Yodo	SQM Químicos S.A., Atacama Minerals Chile S.C.M.	8,207
Carbonato de Litio	SQM Salar S.A, Sociedad Chilena de Litio	41,667
Cloruro de Potasio (*)	SQM Salar S.A, Sociedad Chilena de Litio	764,065
Sulfato de Potasio (*), (**)	SQM Salar S.A	157,174
Ácido Bórico (*), (**)	SQM Salar S.A	8,690

(*) En estricto rigor, aparecen en anuario, como subproductos del Carbonato de Litio

(**) En anuario se indica también a Sociedad Chilena de Litio como productor, información de SEIA, y telefónica, establecen que ello no es así, en la actualidad

La faena de la Sociedad Chilena de Litio Ltda., ubicada en el Salar de Atacama produce Cloruro de Potasio y Salmuera rica en Litio. Su sistema de explotación y beneficio incluye la extracción de salmuera desde el Salar, disposición en pozas de evaporación solar, obtención de silvinita y carnalita. Posteriormente se envía a una planta de proceso para obtención de Cloruro de Potasio, que incluye lixiviación; la salmuera final, con una concentración de 6% de Litio se envía a planta química en la negra para la producción de Carbonato de Litio.

La faena de SQM Salar S.A., ubicada en Salar de Atacama, produce Cloruro de Potasio, Salmuera Rica en Litio, Sulfato de Potasio y Ácido Bórico. El sistema de explotación y beneficio se inicia con la extracción de salmuera desde el Salar, la disposición en pozas de evaporación solar, obtención de silvinita y carnalita. Finalmente se incorpora la lixiviación para producir Cloruro de Potasio.

La faena de SQM S.A en Pedro de Valdivia, Coya Sur y María Elena produce Nitrato de Sodio (Na NO_3), Nitrato de Potasio (K NO_3) y Yodo. El sistema de explotación y beneficio comienza con la explotación de zonas calicheras (remoción de sobrecarga, arranque del estrato mineralizado), carguío y transporte del mineral, chancado primario, secundario y terciario; lixiviación.

La producción de Atacama Minerals en sector Aguas Blancas se especializa en Yodo, con un sistema de explotación y beneficio que incluye la explotación de zonas calicheras, el chancado del material seguido por la lixiviación.

Con la información existente se puede determinar la cantidad de agua utilizada durante el 2003, para cada producto, con las limitaciones u observaciones que se indican en la Tabla 4.17.

Tabla 4.17
Consumo de Agua por Unidad de Producción

Producto	Cantidad de Agua (m ³ /tonelada producida)	Observaciones
Nitratos	5.2	Muy aproximado, se considera consumo de agua de PCS Yumbes como muy menor
Carbonato de Litio	10.0	No se tiene información del proceso de producción de Sociedad Chilena de Litio.
Salmuera Rica en Litio	2.8	Agua necesaria para producir 1 tonelada de producto, cuya composición porcentual es 82% Cloruro de Potasio, 17% Sulfato de Potasio y 1% ácido bórico; más una cantidad no determinada de salmuera rica en litio.
Cloruro de Potasio		
Sulfato de Potasio		
Ácido Bórico		

Fuente: DGA (2005)

4.5 Requerimientos de Agua en la Industria

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector industrial es la dotación de producción, la que corresponde al requerimiento de agua por unidad de producto elaborado o, en algunos casos, por unidad de materia prima utilizada en la elaboración del producto final.

En este caso se han clasificado las industrias de acuerdo a la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), la cuál permite diferenciar el tipo de industria mediante un número que identifica el rubro al cuál pertenece. El código CIIU corresponde a un número o código de identificación de las actividades industriales, mediante el cuál el grado de detalle de la actividad asociada a la industria va aumentando a medida que se incrementa el número de dígitos, los cuáles van entre 1 y seis. La Tabla 4.18 muestra la clasificación CIIU para un único dígito, en el cual se observa que el número 3 engloba las actividades industriales. Por su parte, en la Tabla 4.19 se muestra la clasificación CIIU de dos dígitos para el área de industrias manufactureras, correspondiente a la segunda revisión realizada por las Naciones Unidas. En esta misma tabla se ha agregado la separación de los CIIU hasta tres dígitos

Tabla 4.18
Código CIIU de Un Dígito para Actividades Industriales

Código CIIU	Actividad Económica
1	AGRICULTURA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA
2	EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS
3	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS
4	ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA
5	CONSTRUCCIÓN
6	COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES
7	TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES
8	ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS, DE SEGUROS, BIENES INMUEBLES Y SERV. PRESTADOS A LAS EMPRESAS
9	SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES Y PERSONALES
0	ACTIVIDADES NO BIEN ESPECIFICADAS

Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme. Naciones Unidas.

Tabla 4.19
Código CIIU de Dos y Tres Dígitos para Industrias Manufactureras

Código CIIU	ACTIVIDAD ECONOMICA	% PARTICIPACIÓN ECONOMIA
31	PRODUCTOS ALIMENTICIOS, BEBIDAS Y TABACO	24.17
311.2	Fabricación de productos alimenticios, excepto bebida	17.82
313	Industrias de bebidas	3.44
314	Industria del tabaco	2.91
32	TEXTILES, PRENDAS DE VESTIR E INDUSTRIA DEL CUERO	7.86
321	Fabricación de textiles	4.08
322	Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado	2.01
323	Industria del cuero productos de cuero y sucedáneos	0.38
324	Fabricación de calzado, excepto el de plástico	1.39
33	INDUSTRIA Y PRODUCTOS DE LA MADERA INCLUIDOS MUEBLES	3.19
331	Industria de la madera y productos de madera	3.19
34	FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL: IMPRENTAS Y EDITORIALES	8.81
341	Fabricación de papel y productos de papel	6.32
342	Imprentas, editoriales e industrias conexas	2.49
35	FABRICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y DE PRODUCTOS QUÍMICOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO Y DEL CARBÓN, DE CAUCHO Y PLÁSTICO	13.22
351	Fabricación de sustancias químicas industriales	3.75
352	Fabricación de otros productos químicos	5.77
353	Refinerías de petróleo	
354	Fab. De productos diversos derivados del petróleo y carbón	1.13
355	Fabricación de productos de caucho	0.79
356	Fabricación de productos plásticos	1.78
36	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES NO METÁLICOS, EXCEPTO LOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO Y DEL CARBÓN	2.83
361	Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	0.22
362	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	0.55
369	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	2.06
37	INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS	25.71
371	Industrias básicas de hierro y acero	4.09
372	Industrias básicas de metales no ferrosos	21.62

Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme Naciones Unidas. Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

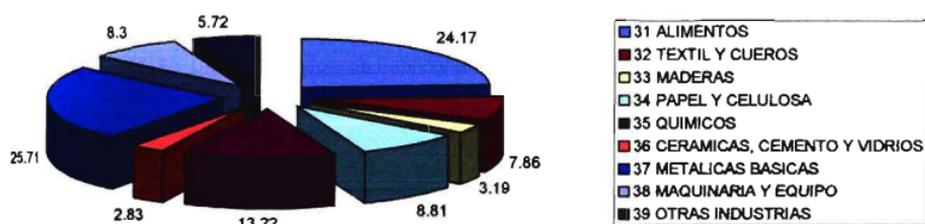
Tabla 4.19 (continuación)
Código CIU de Dos y Tres Dígitos para Industrias Manufactureras

Código CIU	ACTIVIDAD ECONOMICA	% PARTICIPACIÓN ECONOMIA
38	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO	8.3
381	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinarias	3.94
382	Construcción de maquinaria, excepto la eléctrica	1.96
383	Construcción de maquinaria, aparatos y accesorios eléctricos	1.25
384	Construcción de material de transporte	1.03
385	Fabricación de equipo profesional y artículos Oftálmicos	0.12
39	OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	5.72
390	Otras industrias manufactureras	5.72

Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme. Naciones Unidas. Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Por otra parte, una revisión de la actividad industrial en Chile ha permitido identificar la importancia de cada uno de los rubros anteriores a nivel de producción y ventas físicas, lo que se ha obtenido desde información publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), lo que se anexa a la Tabla 4.19, mientras que en la Figura 4.13 se presenta la distribución gráfica de la importancia económica de las actividades industriales, considerando sólo dos dígitos CIU.

Figura 4.13
Distribución Porcentual de Actividades Industriales



Una revisión de las actividades industriales en Chile permitió identificar los rubros relevantes a partir de información publicada por la SOFOFA (Sociedad de Fomento Fabril). Esta información se incluye en la Tabla 4.20, la que resume los rubros y su código CIU, así como las asociaciones que pertenecen a SOFOFA.

Tabla 4.20
Identificación de Rubros Industriales en Chile

CIUU	Rubros	Asociaciones
31	ALIMENTO	Asoc. de Exportadores de Chile -ASOEX- (Sector Frutícola)
		Asoc. de Industrias Lácteas -ASILAC -
		Asoc. Nacional de Ind. de Cecinas -ANIC
		Asociación de Empresas de Alimentos de Chile - Chilealimentos A. G.
		Asoc. de Molineros del Centro
		Asoc. de Prod. Avícolas de Chile A.G. -APA
		Asoc. de Productores de Aceite de Oliva A.G. -CHILEOLIVA
		Asociación de la Industria del Salmón de Chile A. G. -Salmonchile
		Asoc. Nacional de Bebidas Refrescantes -ANBER
		Asoc. de Licoristas de Chile
32	TEXTIL Y CUERO	Asoc. de Viñas de Chile A.G.
		Asoc. de Ind. de Curtidurías de Chile
		Asoc. de Tintorerías y Estampados Industriales
33	MADERAS	Instituto Textil de Chile
		Corporación Chilena de la Madera -CORMA
34	CELULOSA, PAPEL E IMPRENTAS	Cámara de la Producción y del Comercio de Concepción -CPC
		Industriales Gráficos A. G.
35	QUIMICOS	Asociación Industrial de Laboratorios Farmacéuticos Chilenos A.G. -ASILFA
		Asoc. de Ind. Químicos -ASIQUM
		Cámara de la Industria Farmacéutica de Chile -CIF
		Cámara de la Industria Cosmética
		Asoc. de Ind. del Plástico -ASIPLA
36	CERAMICAS CEMENTO Y VIDRIOS	Asociación de Fabricantes de Vidrios, Cerámicas y Refractarios
		Asoc. de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas -ASIMET
37	METALICAS BASICAS	Asoc. Nacional Automotriz de Chile -ANAC
		Asoc. Nacional de Armadores A.G.
38	FABRICACIÓN PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA EQUIPO	

Fuente: SOFOFA

4.6 Requerimientos de Agua en Turismo

El turismo es hoy la mayor industria mundial y una de las que más afecta al medio ambiente. En 1999 más de 657 millones de personas viajaron fuera de las fronteras de sus países en viajes de turismo, según la Organización Mundial del Turismo (OMT).

Los ingresos del turismo internacional en 1999 ascendieron a 449 billones de dólares, cifra en la que no se incluyen los pasajes aéreos. El turismo tiene efectos positivos, pero también negativos. Entre los positivos está la creación de empleo, el incremento de los ingresos económicos, el permitir mayores inversiones en la conservación de espacios naturales, el evitar la emigración de la población local, la mejora del nivel económico y sociocultural de la población local, la comercialización de productos locales, el intercambio de ideas, costumbres y estilos de vida y la sensibilización de los turistas y de la población local para proteger el medio ambiente (Florez, 2004).

Entre los efectos negativos, tan importantes como los positivos, está el incremento del consumo de suelo, agua y energía, la destrucción de paisajes al crear nuevas infraestructuras y edificios, el aumento de la producción de residuos y aguas residuales, la alteración de los ecosistemas, la introducción de especies exóticas de animales y plantas, el inducir flujos de población hacia las zonas de concentración turística, la pérdida de valores tradicionales y de la diversidad cultural, el aumento de la prostitución (turismo sexual), el tráfico de drogas y las mafias, más incendios forestales y el aumento de los precios que afecta a la población local, que a veces pierde la propiedad de tierras, casas, comercios y servicios (Florez, 2004).

El turista medio en España consume 440 litros diarios de agua, que llegan a 880 litros en los hoteles de lujo, y además este consumo se produce en los meses más secos. La importancia de ahorrar agua es clave. Utilizar tecnologías eficientes en grifos y retretes, construir instalaciones para recoger el agua de lluvia, cambiar las toallas y sábanas sólo cuando sea necesario, usar plantas autóctonas en los jardines e informar a los clientes sobre la necesidad de ahorrar agua. Paralizar la construcción de nuevos campos de golf (Florez, 2004).

Información obtenida en la Agencia Ambiental del Reino Unido se refiere a los programas de uso del agua en pequeños hoteles y moteles, los que han llevado a reducir los consumos a valores entre 240 y 730 l/pasajero/día. Estos datos se presentan resumidos en la Tabla 4.21, donde se observa la gran variabilidad de valores, los que están a su vez relacionados con el número de habitaciones de cada hotel (Environment Agency UK, 2003).

Tabla 4.21
Consumo Unitario de Agua en Hoteles Pequeños en Reino Unido

HOTEL	HABITACIONES	TASA DE USO DE AGUA (l/pasajero/día)	
		ANTERIOR	ACTUAL
Falcondale Mansion Hotel. Near Lampeter, mid-Wales	21	448	359
Gwesty'r Llew Coch: Dinas Mawddwy, North Wales	6	1547	722
Castell Malgwyn Country Estate Hotel. On the banks of the River Teifi, West Wales	20	787	573
Gwydyr Hotel: Betws y Coed, North Wales	20	509	431
Hafod Country House: Near Llanrwst, Conway Valley, North Wales	6	401	341
Hafod Country House: Near Llanrwst, Conway Valley, North Wales	10	607	257
Neuaddlas Guest House: Near Tregaron, Mid Wales	6	373	240
Penbontbren Farm Hotel: Near Cardigan, West Wales	10	546	406

Fuente: Environment Agency UK (2003)

En los EEUU se ha desarrollado el programa WAVE (Water Alliances for Voluntary Efficiency) el cual se orienta a optimizar el uso del agua en la industria hotelera. Este programa se complementa con otros como el Saving Water Partnership desarrollado en Seattle y que también busca mejorar la eficiencia en el uso del agua por parte de la industria hotelera. Información de estos programas indica que un hotel con un servicio limitado consume alrededor de 130 a 250 l/pasajero/día, mientras que un hotel de lujo alcanza valores entre 300 y 420 l/pasajero/día (Guillemin, 2004).

En el caso de Barbados se tiene que el consumo de agua en hoteles varía más de un 400% entre hoteles con el mismo tipo de servicio. En términos promedio se tiene que los consumos de agua en esta zona oscilan entre 300 l/pasajero/día y 700 l/pasajero/día. Datos sobre cinco hoteles específicos de Barbados se presentan en la Tabla 4.22 (Baily, 2000).

Tabla 4.22
Características de Hoteles en Barbados

INFORMACION	HOTEL				
	A	B	C	D	E
HABITACIONES	166	49	29	161	354
COSTO DIARIO (US\$)	220	145	835	660	690
OCUPACION (%)	95	80	70	72	66
PISCINAS	2	1	1	1	10
CONSUMO ANUAL (L/pasajero/día)	307	382	737	1020	1550

Fuente: Hagler Bailly (2000)

Información sobre el consumo de agua en estos cinco hoteles de Barbados se presenta en las Figuras 4.14 y 4.15, para datos mensuales y anuales, respectivamente.

Información sobre el uso de agua en la actividad turística a nivel internacional se muestran en un documento preparado por Hagler Bailly Inc (1999). Este documento hace mención al uso de agua en tres tipos de hoteles, considerando desde un uso eficiente del agua, hasta un uso muy ineficiente de este recurso. Los valores de uso de agua en términos de litros por pasajero y por día se muestran en la Tabla 4.23.

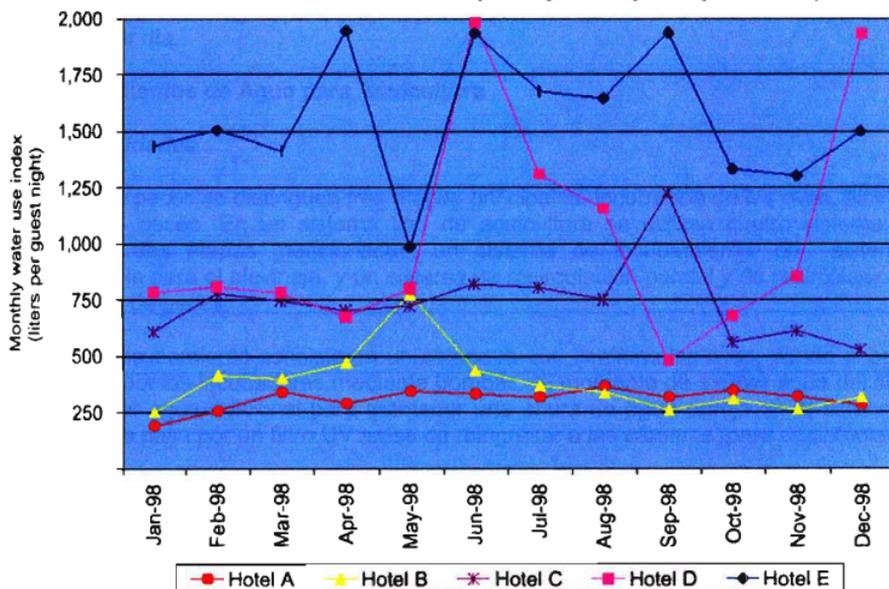
Tabla 4.23
Uso de Agua según Tipos de Hotel y Manejo Eficiente del Recurso

TAMAÑO HOTEL	TASA DE USO DE AGUA (litros/pasajero/día)			
	Alta Eficiencia	Media Eficiencia	Baja Eficiencia	Muy Baja Eficiencia
< 50 Habitaciones	< 438	438 – 507	507 – 582	> 582
50 – 150 Habitaciones	< 582	582 – 673	673 – 805	> 805
> 150 Habitaciones	< 665	665 – 854	854 – 979	> 979

Fuente: Modificado de Hagler Bailly (1999)

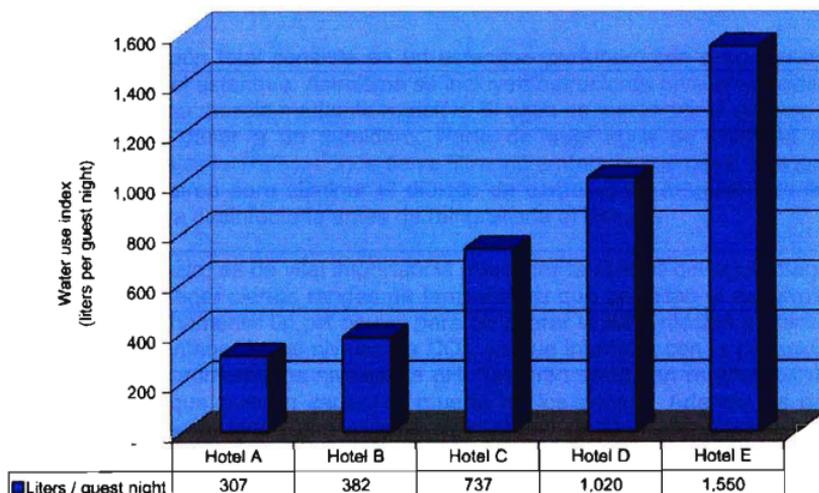
Otro aspecto que se incluye en el tema de turismo es el de la demanda de los parques acuáticos o parques de agua, los que de acuerdo a información muy específica localizada en Internet alcanza aproximadamente a 0.96 m³/m²/año. Este número se compara con la demanda de agua para complejos de departamentos, los que alcanzan a 3.35 m³/m²/año (Hoffmeyer, 2004).

Figura 4.14
Consumo Unitario a Nivel Mensual (litros por ocupante por noche)



Fuente: Hagler Bailly (2000)

Figura 4.15
Consumo Unitario a Nivel Anual (litros por ocupante por noche)



Fuente: Hagler Bailly (2000)

Finalmente se incluye el aspecto de agua para consumo en campamentos de verano (camping) el que de acuerdo a cifras internacionales (Baseline Water Consumption Worksheet, 2005) alcanza a 55 galones de agua por persona por día, lo que nos da una cifra cercana a 210 litros por campista por día.

4.7 Requerimientos de Agua para Acuicultura

4.7.1 Generalidades

En un cultivo de peces se distinguen tres etapas principales: incubación de las ovas, alevinaje y engorda de los peces. En un sistema tipo de acuicultura se utilizan cuatro sistemas para desarrollar las tres etapas mencionadas: un sistema de incubamiento, un sistema de circulación simple para el alevinaje, y un sistema de recirculación parcial y de recirculación total para la engorda de peces.

El sistema de incubamiento consiste en un estanque que contiene las ovas, donde el agua se hace recircular por las incubadoras mediante bombas. Al momento de extraer agua del sistema se debe ingresar agua adicional para mantener una altura de agua pareja en el estanque. El agua extraída se pasa por un filtro UV antes de reingresar a las cámaras, para desinfectarla.

El sistema de circulación simple consiste en un estanque con un tubo en el centro constituido por cribas, que retiene a los peces dentro del tanque. Dentro de este tubo, en la base del estanque, se encuentra un sistema de drenaje, que permite extraer agua. Además, existen tuberías externas que permiten extraer el agua para desinfectarla e inyectarle oxígeno disuelto para reducir las cantidades de dióxido de carbono.

El sistema de recirculación parcial consiste en estanques con un sistema de drenaje ubicado en el fondo de los mismos, específicamente en el centro. El agua se drena y se filtra, y luego pasa a un sumidero, desde donde es bombeada hacia una columna de aireación. Luego pasa a un oxigenador y retorna al tanque de cultivo.

El sistema de recirculación total consiste en un estanque profundo, con sistemas de drenaje laterales y en el fondo del estanque. Asimismo se incluyen estructuras para la entrada de agua, en las cuales se tiene una mezcla mediante rotación. El agua se extrae por el drenaje del fondo y se filtra, para luego pasar a un sumidero. Parte de esta agua se combina con agua proveniente de los drenajes laterales, donde se va filtrando a medida que pasa. El agua se pasa por biofiltros, luego se airea para eliminar el dióxido de carbono, se oxigena y se finalmente pasa por un filtro UV para desinfectarla antes de reingresarla al sistema.

En una instalación acuícola, es de vital importancia mantener la calidad del agua. Según sea la especie, se deben mantener ciertos rangos de temperatura que permitan el desarrollo óptimo de los peces. Se debe mantener un pH neutro para no alterar la alimentación y crecimiento de los peces; se deben mantener bajos niveles de CO_2 , ya que interfiere con la capacidad de los peces para captar O_2 y aumenta los niveles de pH. También se deben regular los niveles de nitritos en el agua, ya que pueden causar la muerte de los peces. Además, el agua debe mantenerse en movimiento, tanto para renovar la cantidad de O_2 como para mantener una distribución homogénea de los peces, necesaria para conseguir una uniformidad de tamaños.

4.7.2 Requerimientos de Agua, Uso y Conservación

Los sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) necesitan menos del 10% de agua y mucho menos terreno que los requeridos por otros sistemas para producir la misma cantidad de peces. La información que se resume a continuación ha sido extractada del libro de Timmons et al (2002).

La Tabla 4.24 proporciona una comparación del agua y terreno utilizada por Kg de pescado producido. El sistema SRA (Sistemas de Recirculación para la Acuicultura) asume un cultivo de Tilapia con una densidad de 100 Kg/m³, una tasa de alimentación de 1% y una conversión de 1:1. Actualmente algunas operaciones de SRA estén usando menos agua, densidades más altas y condiciones de conversiones por alimento similares. Los SRA permiten producción durante todo el año, volúmenes consistentes de producto y un control ambiental completo. El hecho que se pueda instalar un SRA diseñado para producir semanalmente el mismo volumen de pescado, proporciona una ventaja competitiva sobre los sistemas de estanques y lagunas al aire libre, los que presentan cosechas estacionales y esporádicas.

Tabla 4.24
Uso de Agua por Tonelada de Producción en Acuicultura

Especie y Sistemas	Intensidad de Producción	Agua Necesaria
	(Kg/Há/año)	(m ³ /Ton)
Tilapia del Nilo (Lagunas)	17,400	21,000
Bagre de Canal (Lagunas)	3,000	3,000 – 5,000
Trucha Arcoiris (raceways)	150,000	210,000
Camarón Panaeido (Lagunas)	4,200 – 11,000	11,000 – 21,340
Tilapia del Nilo (SRA)	1,340,000	100

La información disponible indica que los sistemas tipo SRA ofrecen un alto grado de control ambiental. Esto no sólo alivia los riesgos de la acuicultura en un sistema abierto (desastre natural, contaminación y enfermedades) sino también permite el crecimiento óptimo de las especies. Una optimización similar se observa en la industria avícola en la cual los animales fueron llevados a sistemas cerrados, compensándose el costo adicional del control ambiental con las altas productividades obtenidas.

En el pasado, la producción intensiva de peces utilizaba un flujo abierto de agua con dos propósitos: (1) para proporcionar oxígeno a los peces, y (2) para retirar los residuos producidos por el sistema (subproductos metabólicos y otros desechos) de manera que no se acumularan en el lugar ni en los alrededores del centro de cultivo a niveles indeseables.

Más recientemente, la capacidad de carga de un centro de cultivo de flujo abierto de agua ha sido limitada por imposición de regulaciones locales de emisión. Por ejemplo, el cultivo tradicional de trucha requiere de un volumen relativamente abundante de agua para la producción en estanque de flujo abierto o en "raceways". La empresa Clear Springs Trout (Buhl, Idaho), establecida en 1966, produjo 8,200 toneladas de trucha en 1990 y es el productor más

grande de trucha arcoiris para consumo humano del mundo (MacMillan, 1992 citado en Timmons et al. 2002). De acuerdo con MacMillan, Clear Springs utilizó 22.6 m³/s de agua para proporcionar el flujo necesario para cinco reutilizaciones en serie a través de "raceways" de concreto. La producción anterior junto al consumo de agua promedio indica una cantidad de agua necesaria en el orden de 90,000 m³ de agua por tonelada de trucha producida.

Para disminuir el impacto medioambiental de la acuicultura, las prácticas de producción y tecnologías están adoptando medidas para minimizar la producción de residuos, conservar el agua, y concentrar los residuos en corrientes más pequeñas durante el cultivo de peces, de aquí el creciente interés en los sistemas SRA.

Tradicionalmente, los sistemas de flujo abierto pueden producir aproximadamente 6 Kilogramos de peces anualmente por cada 1 Litro por minuto de agua fresca consumida (alrededor de 88,000 m³ por tonelada de peces). Al reutilizar o recircular el 80% a 90% del agua antes de eliminarla, los sistemas de reutilización parcial pueden producir tanto como 48 Kilogramos de peces anuales por cada 1 Litro por minuto de flujo de agua fresca, es decir alrededor de 11,000 m³ de agua por tonelada de peces.

En el caso externo de un sistema SRA con un 100% de reutilización los requerimientos de agua se basan sólo en las pérdidas por evaporación y humedad contenida en los residuos sólidos, esto significa que se puede lograr una producción por unidad de volumen de agua cientos de veces mayor a aquella lograda en sistemas tradicionales.

4.7.3 Información Nacional sobre Consumos de Agua en Acuicultura

Tal como se mencionó al inicio de este documento se solicitó información a SERNAPESCA sobre los centros de cultivo que utilizan aguas que requieren de derechos de aprovechamiento por parte de la DGA. En este sentido, el Departamento de Administración Pesquera del Servicio Nacional de Pesca mantiene una base de datos que contiene información de las solicitudes de acuicultura que se tramitan a Subsecretaría de Pesca. La información disponible indica que en su gran mayoría estas solicitudes son finalmente autorizadas.

Para requerir la autorización para su funcionamiento, el peticionario debe presentar la solicitud junto a la resolución de derechos de agua constituidos o bien acreditar que se encuentran en trámite de obtención. La mayoría de las solicitudes se presentan con los derechos de agua en trámite.

De la citada base de datos se seleccionó información que contiene los siguientes ítems:

- Año en que se pidió la solicitud
- Resolución de Subsecretaría de Pesca que autoriza la actividad.
- Región donde desarrolla la actividad
- Comuna
- Origen de las aguas que utiliza o utilizará en el centro de cultivo. En la mayoría de los casos aparece el nombre del cuerpo de agua
- Caudal que utiliza o utilizará. Todos estos derechos fueron solicitados a la DGA.
- Carta IGM de donde se obtuvieron las coordenadas geográficas del centro, detalladas en los dos ítem siguientes: Latitud y Longitud del centro.
- Especies autorizadas para cultivar.
- Producción máxima proyectada según proyecto técnico presentado al Servicio.

La información entregada por SERNAPESCA alcanza a 463 registros, los que corresponden a los años 1987 hasta 2005. En la Tabla 4.25 se indica la distribución de datos por región.

Tabla 4.25
Información de Centros de Producción por Regiones

REGION	NUMERO DE CENTROS
1	8
4	5
5	9
7	19
8	64
9	160
10	151
11	32
12	11
RM	4
TOTAL	463

Tal como se menciona anteriormente, la información disponible incluye datos de caudal solicitado (l/s), producción anual de peces (Ton por año) y especies autorizadas para cultivar. Para efectos de este análisis se ha separado sólo la información correspondiente a salmónidos, la que representa un total de 408 registros. En la Tabla 4.26 se indica el número de datos según especies.

Tabla 4.26
Información de Centros de Producción según Especies

ESPECIE	NUMERO DE CENTROS
Bagre de Canal	2
Camarón de río	3
Langosta	5
Salmónidos	408
Trucha Arco Iris	21
Otros	23
TOTAL	463

4.8 Requerimientos de Agua en Hidroelectricidad

Por sus atractivos como forma de energía, a nivel mundial el consumo de electricidad ha aumentado paulatinamente a lo largo del siglo XX, tanto con respecto a sí misma como en relación con otras formas de energía. Es así como, por ejemplo, a mediados del siglo XX alrededor del 20% de la demanda comercial de energía correspondía a energía eléctrica, en tanto que al iniciarse la última década de este siglo dicho porcentaje era del orden del 35%.

Actualmente aproximadamente el 64% de la electricidad consumida en el mundo es generada por centrales térmicas convencionales (la mayor parte de las cuales utilizan carbón como combustible), del orden del 19% por centrales hidroeléctricas y el 17% restante es producida por centrales nucleares (Harambour, 1999).

A partir de estas cifras podría pensarse que la generación hidroeléctrica no es demasiado atractiva. Ello, sin embargo, no es cierto, pues esta forma de generación tiene grandes atractivos en relación con la generación térmica (con combustibles tradicionales y nucleares), pues es una fuente de energía limpia y renovable, que no produce desechos tóxicos que de una forma u otra contaminan el ambiente; además, las centrales hidroeléctricas tienen pocas fallas y altos rendimientos, con lo que se consigue efectuar un elevado aprovechamiento de los recursos naturales (las grandes centrales hidroeléctricas tienen rendimientos medios superiores al 90%, en tanto que las centrales térmicas convencionales tienen rendimientos mucho menores; por ejemplo, las centrales que queman carbón tienen un rendimiento promedio comprendido entre 35% y 37%), por este motivo los países europeos, que tienen mayores índices de desarrollo que Chile, han desarrollado gran parte de su potencial hidroeléctrico.

En Chile las centrales hidroeléctricas producen anualmente más de 17.000 (GWh), que corresponde al 70%, aproximadamente, de la energía eléctrica que se consume cada año. Las principales centrales hidroeléctricas en operación son: Pehuenche, que, en promedio produce anualmente 2.870 (GWh); Colbún, con una producción media anual cercana a 2.470 (GWh); Pangue, que es capaz de producir una energía media anual cercana a 2.200 (GWh), y El Toro, con una producción media anual del orden de 1.690 (GWh).

Actualmente se considera que el potencial bruto teórico de Chile es del orden de 227.000 (GWh). Sin embargo esta cifra debe considerarse con cautela, dado que determinar el potencial hidroeléctrico técnicamente factible de desarrollarse no es fácil, pues a medida que se cuenta con más antecedentes sobre las características y el comportamiento de las cuencas y, simultáneamente, cambian los estándares ambientales de la sociedad, puede variar la opinión sobre la factibilidad de desarrollar un proyecto específico, puede cambiar la potencia que se considera adecuada instalar o bien pueden surgir nuevas ideas acerca de cómo conviene aprovechar el potencial disponible. No obstante este hecho, con el propósito de ilustrar la magnitud del potencial técnico de Chile, es interesante destacar que según estudios desarrollados por ENDESA durante la década de 1970, que abarcaron desde la cuenca del río Liuta (la Región) por el norte, hasta la cuenca del río San Juan (12a Región) por el sur, es factible instalar una potencia cercana a los 18.800 (MW). Según dichos estudios los ríos que cuentan con los mayores potenciales hidroeléctricos son:

- Río Bío-Bío (alrededor de 3.000 MW)
- Río Maule (alrededor de 2.300 MW)
- Río Baker (alrededor de 1.700 MW)
- Río Yelcho (alrededor de 1.600 MW)
- Río Pascua (alrededor de 1.400 MW)

Como se desprende de este listado, los principales proyectos hidroeléctricos se sitúan en las zonas sur y austral de Chile; particularmente en la Región de Aysén. Por su parte, para formarse una idea del potencial hidroeléctrico aún por desarrollar en Chile, cabe señalar que en el número de Julio de 1998 de la revista Electricidad Interamericana, se cita un estudio del Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, según el cual los principales recursos hidroeléctricos por desarrollar suman cerca de 13.500 MW.

Las principales centrales de generación que abastecen la parte central de Chile están interconectadas entre sí y con los centros de consumo más importantes, formando un sistema eléctrico conocido con el nombre de Sistema Interconectado Central (S.I.C.). Este sistema abarca un territorio de 326.000 (Km²), donde habita el 93% de la población de Chile. Las interconexiones entre centrales y centros de consumo están materializadas por un conjunto de

líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, que permiten transferir energía y potencia eléctrica en forma económica entre puntos distantes. En este sistema de transmisión las líneas de mayor voltaje son:

- Ancoa - Alto Jahuel Circuito 1, con un voltaje de 500 (kV) y 240,3 (Km) de longitud;
- Ancoa - Alto Jahuel Circuito 2, de 500 (kV) y 257,5 (Km) de longitud, y
- El Rodeo - Polpaico, de doble circuito, con un voltaje de 500 (kV) y 62,2 (Km) de longitud.

Al año 1999 el S.I.C. era abastecido de energía y potencia con 42 centrales hidráulicas y térmicas, que, en conjunto, poseían una potencia instalada de 4,952 (MW). El 75.9% de dicha potencia provenía de centrales hidroeléctricas, en tanto que el 24.1% restante era aportado por centrales térmicas, que quemaban principalmente carbón.

Para efectos de este análisis se recopiló información disponible en el sitio web del CDEC-SIC, en el cual se encuentran las características técnicas de las centrales hidroeléctricas pertenecientes a este sistema en Chile. En particular se extrajo la información correspondiente al tipo de central (pasada o embalse), la Potencia Máxima (P_{MAX} , MW), Caudal Turbinable o Máximo (Q_{MAX} , m^3/s) y Altura de Calda (ΔH , m). Esta información se presenta resumida en la Tabla 4.27.

Tabla 4.27
Características Técnicas de algunas Centrales Hidroeléctricas Chilenas

CENTRAL HIDROELECTRICA	TIPO	PMAX (MW)	QMAX (m3/s)	ΔH (m)
LOS MÓLLES	PASADA	16.0	1.9	1153.0
ACONCAGUA	PASADA	72.9	20.2	654.3
LOS QUILOS	PASADA	39.3	22.0	227.0
SAUCE LOS ANDES	PASADA	1104.0	20.0	37.0
CHACABUQUITO	PASADA	25.0	25.0	-
ALFALFA	PASADA	160.0	30.0	720.5
FLORIDA	PASADA	28.0	30.0	98.0
MAITENES	PASADA	30.8	11.3	180.0
RAPEL	EMBALSE	350.0	535.1	76.0
SAUZAL	PASADA	76.8	73.5	118.0
SAUZALITO	PASADA	9.5	45.0	25.0
CIPRESES	EMBALSE	101.4	36.4	370.0
COLBUN	EMBALSE	400.0	280.0	168.0
CURILLINQUE	PASADA	85.0	84.0	114.0
ISLA	PASADA	68.0	84.0	93.0
LOMA ALTA	PASADA	38.0	84.0	50.4
MACHICURA	EMBALSE	90.0	280.0	37.0
PEHUENCHE	EMBALSE	500.0	300.0	206.0
SAN IGNACIO	PASADA	37.0	194.0	21.0
PUNTILLA	PASADA	14.7	20.0	92.0
QUELTEHUES	PASADA	41.1	28.1	213.0
EL TORO	EMBALSE	400.0	97.3	545.0
MAMPIL	PASADA	49.0	46.0	124.3
PANGUE	EMBALSE	467.0	500.0	99.0
RUCUE	PASADA	170.0	65.0	140.0
PEUCHEN	PASADA	75.0	36.0	236.0
ABANICO	PASADA	136.0	106.8	147.0
ANTUCO	EMBALSE	300.0	190.0	190.0
VOLCAN	PASADA	13.0	9.1	181.0
PILMAIQUEN	PASADA	39.0	150.0	32.0
CANUTILLAR	EMBALSE	145.0	75.5	212.0
CAPULLO	PASADA	10.7	8.0	149.5

Fuente: Sitio Web CDEC-SIC (2005)

5. PROPUESTA DE REQUERIMIENTOS MÁXIMOS SEGUN ACTIVIDAD

5.1 Aspectos Generales

La información recopilada con ocasión de este estudio ha permitido generar requerimientos máximos según las distintas actividades que se incluyeron en la revisión inicial, la que se compone de los siguientes temas:

- Agua Potable
- Riego
- Minería Metálica y No Metálica
- Industria
- Turismo
- Acuicultura
- Hidroelectricidad

Como anexos de este Informe se incluyen diversas minutas de discusión que fueron elaboradas para dar cumplimiento al objetivo general del proyecto. Los temas de las minutas son los indicados en el párrafo anterior.

5.2 Requerimientos Máximos para Agua Potable

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de sistemas de agua potable. Esta propuesta se resume en la Tabla 5.1 para las fuentes superficiales y en la Tabla 5.2 para las fuentes subterráneas.

Para efectos de esta propuesta se ha diferenciado entre solicitudes para fuentes superficiales y subterráneas. Para el primer caso se expresará la tasa de consumo en unidades del tipo litros por segundo por cada 1000 habitantes (l/s/1000 hab), mientras que para las fuentes subterráneas se utilizará metros cúbicos por año por cada habitante (m³/año/hab).

Tabla 5.1
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7.6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	50.0	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30.0	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2.5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

Tabla 5.2
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	160	m ³ /año/hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	650	m ³ /año/hab
Sectores con Alta Estacionalidad	450	m ³ /año/hab
Sistemas de Agua Potable Rural	79	m ³ /año/hab
Campamentos o faenas productivas	79	m ³ /año/hab
Demanda Máxima Puntual (Valor "Peak")		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7.6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	50.0	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30.0	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2.5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

5.3 Requerimientos Máximos para Agua de Riego

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiera a los requerimientos máximos para el riego. Esta propuesta se resume en las Tablas 5.3 y 5.4.

Tabla 5.3
Tasas de Consumo en Actividades de Riego
Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2.5	l/s/Há

Tabla 5.4
Tasas de Consumo en Actividades de Riego
Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	15,000	m ³ /año/Há
Demanda Máxima Puntual (Valor "Peak")		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2.5	l/s/Há

5.4 Requerimientos Máximos para Agua en Minería

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos para la actividad minera. Esta propuesta se resume en las Tablas 5.5 a 5.8.

Tabla 5.5
Tasas de Consumo en Actividades Mineras Metálicas

USOS	VALOR	UNIDAD
Consumo en la Mina	0.10	m ³ por Tonelada de Mineral
Concentración	0.80	m ³ por Tonelada de Mineral
Hidrometalurgia	0.40	m ³ por Tonelada de Mineral
Proceso de Oro	0.50	m ³ por Tonelada de Mineral
Proceso de Fierro	0.20	m ³ por Tonelada de Mineral
Minería de Cobre (< 8,000 Toneladas por día)	2.00	m ³ por Tonelada de Mineral

Nota: Estos valores pueden aumentar en un 50% si se debe transportar el mineral lejos para su procesamiento y no se dispone de recirculación de esta agua.

Tabla 5.6
Tasas de Consumo en Actividades Mineras No Metálicas

USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Nitrato	10.0	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Carbonato de Litio	20.0	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Yodo	1,400	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Yodo	2.0	m ³ por Tonelada de Caliche

Tabla 5.7
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

Tabla 5.8
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Campamentos o faenas productivas	79	m ³ /año/hab
Demanda Máxima Puntual (Valor "Peak")		
USOS	VALOR	UNIDAD
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

5.5 Requerimientos Máximos para Agua en la Industria

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua en actividades industriales. Esta información se resume en las Tablas 5.9 a 5.16.

Tabla 5.9

CIUU 31: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Alimentos

USOS	VALOR	UNIDAD
Carne, aves y pescados		
Agua para proceso de bovino o equino (matadero)	20.0	m ³ /Ton
Planta de proceso	35.0	m ³ /Ton
Planta de empaquetado	35.0	m ³ /Ton
Fabrica de cecinas	25.0	m ³ /Ton
Frutas y vegetales		
Conservas de frutas	35.0	m ³ /Ton
Conservas de vegetales	35.0	m ³ /Ton
Congelados de vegetales	12.0	m ³ /Ton
Jugos de frutas	16.0	m ³ /Ton
Mermeladas	16.0	m ³ /Ton
Industria lechera		
Uso de agua para producción lechera	5.0	m ³ /Ton
Bebidas		
Industrias vinícolas	21.0	m ³ /Ton
Bebidas Malteadas	10.0	m ³ /Ton
Cerveza	10.0	m ³ /Ton
Bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	6.0	m ³ /Ton

Tabla 5.10

CIU 32: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Textiles y Cuero

USOS	VALOR	UNIDAD
Textiles		
Hilado, tejido y acabado de textiles	30.0	m ³ /Ton
Fabricación de tejidos de punto, tapices y alfombras	33.0	m ³ /Ton
Fabricación de cordelería	10.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de algodón, lana y sus mezclas	40.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas	62.0	m ³ /Ton
Cuero		
Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30.0	m ³ /Ton
Curtidurías y talleres de acabado	49.0	m ³ /Ton
Fabricación de calzado	5.0	m ³ /Ton

Tabla 5.11

CIU 33: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria y Productos de la Madera

USOS	VALOR	UNIDAD
Madera		
Aseraderos, talleres de cepilladura y otros talleres para trabajar madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de envases de madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de muebles y accesorios	0.6	m ³ /Ton

Tabla 5.12

CIU 34: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Papel y Celulosa

USOS	VALOR	UNIDAD
Celulosa		
Proceso de Celulosa Sistema Kraft	110.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico	35.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico, Químicamente Blanqueado	75.0	m ³ /Ton
Papel		
Total (sin agua de enfriamiento)	90.0	m ³ /Ton
Papel Fino	35.0	m ³ /Ton
Papel tipo Tissue	90.0	m ³ /Ton
Papel Corrugado	35.0	m ³ /Ton
Papel de Diario	65.0	m ³ /Ton

Tabla 5.13

CIU 35: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria Química y Farmacéutica

USOS	VALOR	UNIDAD
Química		
Nitrógeno	70.0	m ³ /Ton
Etileno	30.0	m ³ /Ton
Amoniaco	15.0	m ³ /Ton
Acido Fosfórico	20.0	m ³ /Ton
Propileno	18.0	m ³ /Ton
Polietileno	9.0	m ³ /Ton
Cloro	13.0	m ³ /Ton
Acido Sulfúrico	7.0	m ³ /Ton
Oxígeno	2.0	m ³ /Ton
Fabricación de sustancias químicas industriales básicas, excepto abonos	160.0	m ³ /Ton
Fabricación de abonos y plaguicidas	270.0	m ³ /Ton
Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, barnices y lacas	8.0	m ³ /Ton
Refinerías de Petróleo	18.0	m ³ /Ton
Farmacéutico		
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	8.0	m ³ /Ton
Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos	2.0	m ³ /Ton

Tabla 5.14

CIU 36: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Cemento, Vidrio y Cerámica

USOS	VALOR	UNIDAD
Cemento, Vidrio y Cerámica		
Cemento	5.0	m ³ /Ton
Cerámica	0.8	m ³ /Ton
Vidrio	30.0	m ³ /Ton

Tabla 5.15

CIU 37: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Producción de Metales

USOS	VALOR	UNIDAD
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	150.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	80.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundido de plomo y zinc	80.0	m ³ /Ton
Refinación y fundición de metales preciosos	8.0	m ³ /Ton

Tabla 5.16

CIU 38: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo

USOS	VALOR	UNIDAD
Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo		
Construcción maquinaria	6.0	m ³ /Ton

5.6 Requerimientos Máximos de Agua en Turismo

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua para la industria del turismo. Esta propuesta se resume en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17
Dotación de Producción para Actividad Turística

USOS	VALOR	UNIDAD
Hoteles y moteles con servicios básicos	400	l/pasajero/día
Hoteles de Lujo	800	l/pasajero/día
Parques de Agua	1.0	m ³ /m ² /año.
Camping	210	L/campista/día

5.7 Requerimientos Máximos de Agua en Acuicultura

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua para la industria de la producción acuicola o acuicultura. Esta propuesta se resume en la Tabla 5.18.

Como base de esta propuesta se ha considerado la información internacional apoyada con el análisis de datos nacionales que no reflejan un manejo adecuado de los recursos hídricos sino más bien una práctica habitual de solicitar más agua de la que realmente se requiere. Dado que este análisis debe apuntar a reflejar prácticas habituales, pero razonables, se ha considerado la definición de un requerimiento similar al valor medio indicado en el capítulo anterior de esta minuta para el caso de Salmones y Truchas. En el caso de Bagre, Camarón de Río y Langosta de Agua Dulce se ha adoptado valores coincidentes con la literatura internacional.

Tabla 5.18
Requerimiento de Agua para Acuicultura

USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Salmónidos	500.000	m ³ /Ton
Producción de Trucha Arcoiris	300.000	m ³ /Ton
Producción de Bagre	8.000	m ³ /Ton
Producción de Camarón de Río	30.000	m ³ /Ton
Producción de Langosta de Agua Dulce	70.000	m ³ /Ton

5.8 Requerimientos Máximos de Agua para Centrales Hidroeléctricas

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua en actividades de generación hidroeléctrica. De esta manera se requerirá de parte del proponente información relevante del proyecto a desarrollar, lo que debe incluir al menos los siguientes puntos:

- Potencia Máxima (P_{max} , MW)
- Caudal Turbinable o Máximo (Q_{max} , m³/s)
- Altura de Caída (ΔH , m).

Para que el proyecto hidroeléctrico cumpla con los requerimientos técnicos para el otorgamiento de derechos de agua se debe cumplir la siguiente relación:

$$Q_{\text{máx. av.}} (\text{m}^3/\text{s}) \frac{P_{\text{máx}} (\text{KW})}{10 \cdot \Delta H (\text{m})} \leq Q_{\text{máx}} (\text{m}^3/\text{s}) \quad (5.1)$$

6. TABLA DE EQUIVALENCIAS

En base a los resultados obtenidos, y a partir de los instrumentos que establece la modificatoria del Código de Agua, se efectuó una propuesta de Decreto que fija los valores máximos de uso razonable y habitual del agua en diversas actividades productivas en el país. Este trabajo fue realizado en forma conjunta con directivos y profesionales de la DGA de tal manera que refleja los intereses y políticas que la DGA tiene al respecto.

En una etapa posterior, esta tabla será incorporada en un Decreto Supremo el que será firmado por los Ministros de Obras Públicas, Minería, Agricultura y Economía. La información correspondiente a las tasas de requerimientos de agua para diferentes actividades se presenta resumida en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1
Tabla de Equivalencias sobre Uso del Agua

A.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO POTABLE		
a) Fuentes Superficiales		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7.6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	50.0	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30.0	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2.5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab
b) Fuentes Subterráneas		
Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	160	m ³ /año/hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	650	m ³ /año/hab
Sectores con Alta Estacionalidad	450	m ³ /año/hab
Sistemas de Agua Potable Rural	79	m ³ /año/hab
Campamentos o faenas productivas	79	m ³ /año/hab
Demanda Máxima Puntual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7.6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	50.0	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30.0	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2.5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

Tabla 6.1
Tabla de Equivalencias sobre Uso del Agua

B.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA RIEGO

a) Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2.5	l/s/Há

b) Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual

USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	15.000	m ³ /año/Há

Demanda Máxima Puntual

USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2.5	l/s/Há

C.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA MINERIA METALICA

USOS	VALOR	UNIDAD
Consumo en la Mina	0.10	m ³ por Tonelada de Mineral
Flotación	0.80	m ³ por Tonelada de Mineral para producción diaria mayor a 8.000 ton/día
	2.00	m ³ por Tonelada de Mineral para producción diaria menor a 8.000 ton/día
Lixiviación	0.40	m ³ por Tonelada de Mineral
Proceso de Oro	0.50	m ³ por Tonelada de Mineral
Proceso de Fierro	0.20	m ³ por Tonelada de Mineral

Nota: Estos valores pueden aumentar en un 50% si se debe transportar el mineral lejos para su procesamiento y no se dispone de recirculación de esta agua.

D.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA MINERIA NO METALICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Nitrato	10.0	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Carbonato de Litio	20.0	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Yodo	1,400	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Yodo	2.0	m ³ por Tonelada de Caliche

Tabla 6.1
Tabla de Equivalencias sobre Uso del Agua

E.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA TURISMO		
USOS	VALOR	UNIDAD
Hoteles y moteles con servicios básicos	400	l/pasajero/día
Hoteles de Lujo	800	l/pasajero/día
Parques de Agua	1.0	m ³ /m ² /año.
Camping	210	L/campista/día
F.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA ACUICULTURA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Salmónidos	500.000	m ³ /Ton
Producción de Trucha Arcoiris	300.000	m ³ /Ton
Producción de Bagre	8.000	m ³ /Ton
Producción de Camarón de Río	30.000	m ³ /Ton
Producción de Langosta de Agua Dulce	70.000	m ³ /Ton
G. REQUERIMIENTO DE AGUA EN INDUSTRIA DE ALIMENTOS		
USOS	VALOR	UNIDAD
Carne, aves y pescados		
Agua para proceso de bovino o equino (matadero)	20.0	m ³ /Ton
Planta de proceso	35.0	m ³ /Ton
Planta de empaquetado	35.0	m ³ /Ton
Fábrica de cecinas	25.0	m ³ /Ton
Frutas y vegetales		
Conservas de frutas	35.0	m ³ /Ton
Conservas de vegetales	35.0	m ³ /Ton
Congelados de vegetales	12.0	m ³ /Ton
Jugos de frutas	16.0	m ³ /Ton
Mermeladas	16.0	m ³ /Ton
Industria lechera		
Uso de agua para producción lechera	5.0	m ³ /Ton
Bebidas		
Industrias vinícolas	21.0	m ³ /Ton
Bebidas Malteadas	10.0	m ³ /Ton
Cerveza	10.0	m ³ /Ton
Bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	6.0	m ³ /Ton

Tabla 6.1
Tabla de Equivalencias sobre Uso del Agua

H.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA DE TEXTILES Y CUERO		
USOS	VALOR	UNIDAD
Textiles		
Hilado, tejido y acabado de textiles	30.0	m ³ /Ton
Fabricación de tejidos de punto, tapices y alfombras	33.0	m ³ /Ton
Fabricación de cordelería	10.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de algodón, lana y sus mezclas	40.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas	62.0	m ³ /Ton
Cuero		
Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30.0	m ³ /Ton
Curtidurías y talleres de acabado	49.0	m ³ /Ton
Fabricación de calzado	5.0	m ³ /Ton
I.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA Y PRODUCTOS DE LA MADERA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Madera		
Aserraderos, talleres de cepilladura y otros talleres para trabajar madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de envases de madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de muebles y accesorios	0.6	m ³ /Ton
J.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA DE PAPEL Y CELULOSA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Celulosa		
Proceso de Celulosa Sistema Kraft	110.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico	35.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico, Químicamente Blanqueado	75.0	m ³ /Ton
Papel		
Total (sin agua de enfriamiento)	90.0	m ³ /Ton
Papel Fino	35.0	m ³ /Ton
Papel tipo Tissue	90.0	m ³ /Ton
Papel Corrugado	35.0	m ³ /Ton
Papel de Diario	65.0	m ³ /Ton

Tabla 6.1
Tabla de Equivalencias sobre Uso del Agua

K.- REQUERIMIENTO DE AGUA PARA INDUSTRIA QUÍMICA Y FARMACÉUTICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Química		
Nitrógeno	70.0	m ³ /Ton
Etileno	30.0	m ³ /Ton
Amoniaco	15.0	m ³ /Ton
Acido Fosfórico	20.0	m ³ /Ton
Propileno	18.0	m ³ /Ton
Polietileno	9.0	m ³ /Ton
Cloro	13.0	m ³ /Ton
Acido Sulfúrico	7.0	m ³ /Ton
Oxigeno	2.0	m ³ /Ton
Fabricación de sustancias químicas industriales básicas, excepto abonos	160.0	m ³ /Ton
Fabricación de abonos y plaguicidas	270.0	m ³ /Ton
Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, barnices y lacas	8.0	m ³ /Ton
Refinerías de Petróleo	18.0	m ³ /Ton
Farmacéutico		
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	8.0	m ³ /Ton
Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos	2.0	m ³ /Ton
L.- REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA INDUSTRIA DE CEMENTO, VIDRIO Y CERÁMICA		
USOS	VALOR	UNIDAD
Cemento, Vidrio y Cerámica		
Cemento	5.0	m ³ /Ton
Cerámica	0.8	m ³ /Ton
Vidrio	30.0	m ³ /Ton
M.- REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA INDUSTRIA DE PRODUCCIÓN DE METALES		
USOS	VALOR	UNIDAD
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	150.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	80.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundido de plomo y zinc	80.0	m ³ /Ton
Refinación y fundición de metales preciosos	8.0	m ³ /Ton
N.- REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO		
USOS	VALOR	UNIDAD
Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo		
Construcción maquinaria	6.0	m ³ /Ton

Tabla 6.1

Tabla de Equivalencias sobre Uso del Agua

N.º - REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA CENTRALES HIDROELECTRICAS		
USOS	VALOR	UNIDAD
Central Hidroeléctrica	$Q \leq \frac{P \cdot H}{10}$	m ³ /s
El caudal debe mantener la relación indicada entre Potencia (KW) y la altura de caída (m)		

En los casos no contemplados en la tabla de equivalencias se podrán proponer valores apoyados en criterios emanados de organismos internacionales o experiencias comparadas reconocidas científicamente y técnicamente calificadas.

REFERENCIAS

Agua Potable

- SISS. Informe de Gestión de Sector Sanitario 2003. 2003.
- Plan de Desarrollo Aguas Cordillera, 2000
- Plan de Desarrollo Aguas Manquehue, 1997
- Plan de Desarrollo AGUAS DECIMA, 2004Plan de Desarrollo ESSAT, 2003
- Plan de Desarrollo Cooperativa de abastecimiento de AP Maule, 2002
- Plan de Desarrollo Cooperativa de abastecimiento de AP Sarmiento, 2003
- Plan de Desarrollo Cooperativa Sagrada Familia, 2003
- Plan de Desarrollo EMOS, 2000
- Plan de Desarrollo EMSSA, 2002
- Plan de Desarrollo EMSSAT, 1998
- Plan de Desarrollo ESMAG, 2001
- Plan de Desarrollo ESSAL, 2001
- Plan de Desarrollo ESSAM, 2002
- Plan de Desarrollo ESSAN, 2001
- Plan de Desarrollo ESSAR, 2000
- Plan de Desarrollo ESSBIO, 2002
- Plan de Desarrollo ESSCO, 2003
- Plan de Desarrollo ESSEL, 2002
- Plan de Desarrollo ESVAL, 2002
- Plan de Desarrollo Servicios Sanitarios Playa Brava, 2001
- Gleick, P. Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. Water International. 1996.
- GWP-SAMTAC. Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Taller Nacional Chile. 2003.

- Rodríguez, S. Evaluación de la Dotación de Agua Potable Rural para el Diseño de Nuevos Sistemas en Chile. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. 1996.
- Cornejo, J. Evaluación de Parámetros de Diseño de Proyectos para los Programas de Agua Potable Rural de Chile. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. 1987.
- Lagos, G. Eficiencia del Uso del Agua en la Minería del Cobre. Seminario CEP sobre Gestión del Agua en la Minería. 1997.
- MINVU. Plan Regulador Metropolitano de Santiago.

Riego

- Estudio Integral de Riego, Proyecto Itata
- Estudio Integral de Riego, Cuenca del Río Mataquito
- Estudio Integral de Riego del Valle del Elqui
- Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Río Maule
- Estudio Integral de Riego, Proyecto Choapa
- Estudio Integral de Riego de la 3ra Sección del Maipo y Valles de Yali, Alhué
- Estudio de Factibilidad de Riego de Valle de Putaendo
- Taller Nacional, Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Asociación Mundial de Agua. 2003.
- Ley 18.450 de Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego
- A New Era For Irrigation, Committee on the Future of Irrigation in the Face of Competing Demands, National Research Council, Washington, D.C., 1996.
- PROCIVIL. Plan Preliminar para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Río Aconcagua. Primera Etapa. Confederación del Río Aconcagua. 2000.

Minería Metálica y No Metálica

- GWP-SAMTAC. Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Taller Nacional Chile. 2003.
- Andía M. y G. Lagos. Aprovechamiento de Aguas de Relaves en la Agricultura, Informe de proyecto, Centro de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1996.
- Lefort L, 1996, Memoria de Titulación de Ingeniería Civil Industrial con Mención en Mecánica, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1997.

- Luna R. Metodología para el establecimiento de normas para efluentes metalúrgicos en hoya hidrográfica de Copiapó, memoria para optar al Título de Ingeniero Civil de Minas, Universidad de Chile, 1991.
- Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería. Uso Eficiente de Agua Industria Minera y Buenas Prácticas. 2002.
- Juan Rayo Ingeniería. Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería. Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas. 2002.
- Lagos, G. Eficiencia del Uso del Agua en la Minería del Cobre. Seminario CEP s Gestión del Agua en la Minería. 1997.
- Gamboa, D. y J. Rayo. Tendencias Recientes de Abastecimiento de Aguas para Proyectos Mineros. Congreso Internacional de Ingeniería de Minas. 1993.
- Lagos, G y M. Andía. Análisis de Sensibilidad del Valor del EDRC. 2000.
- Environment Australia. Energy Efficiency. 2002.
- CH2M HILL. Water Use in Industries of the Future. Mining Industry. 2003.
- DGA II Región. Minuta 04/2005. Cantidad de agua empleada en minería no metálica II Región de Antofagasta. 2005.
- DGA I Región Orlando Acosta. Comunicación personal. 2005.
- Gajardo, A., R. Carrasco, y J.L. Mendoza. Las rocas y minerales industriales y el ordenamiento territorial: Un desafío para Chile en el Siglo XXI. Simposio Internacional Geología Ambiental para Planificación del Uso del Territorio. 2002.

Industria - Libros Técnicos

- North Carolina Department of Environment and Natural Resources et. al. Water Efficiency Manual. 2002.
- Water Use in Industries of the Future. U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003.
- Waste Not, Want Not: The Potential for Urban Water Conservation in California. Pacific Institute. 2003.
- Sustainable water use in Europe. Part 1: Sectoral use of water. European Environment Agency. 1999.
- Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial – CONAMA RM
- Lund. Industrial Pollution Control Handbook. 1970.

Industria - Páginas Web

- <http://biology.uwsp.edu/faculty/DPost/nibr/facts.html>
- <http://familytreemaker.genealogy.com/users/s/i/v/Pattamada-K-Sivaswami/FILE/0011page.html>
- <http://lanic.utexas.edu/pyme/esp/infopyme/archive/julio98/articulos798/3.html>
- http://pdf.rincondelvago.com/aqua_4.html
- <http://www.acnatsci.org/education/river/page1.html>
- http://www.acsmedioambiente.com/hechos_de_aqua4.htm
- <http://www.afpafitness.com/articles/WhatChicken.htm>
- <http://www.aguasargentinas.com.ar>
- <http://www.animalconnectiontx.org/home/ecological.htm>
- <http://www.austell.org/pw/divisions/water/facts.htm>
- <http://www.bir.org/biruk/press/pr217.pdf>
- <http://www.ca.uky.edu/aqc/pubs/ip/ip1s/ip1s.htm>
- [http://www.cbwa-bottledwater.org/en/CBWA%20Official%20Response%20Summary%20\(Final\).pdf](http://www.cbwa-bottledwater.org/en/CBWA%20Official%20Response%20Summary%20(Final).pdf)
- http://www.citybrantford.on.ca/environmental/water_facts.htm
- <http://www.enyd.hc.edu.uy/DMA.pdf>
- <http://www.extremaduralalternativa.net/educacion/papel.htm>
- <http://www.flex.com/~jai/articles/101.html>
- http://www.fortmorgantimes.com/Stories/0_1413_164%257E8315%257E2811033_00.html
- http://www.globalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/freshwater_supply/freshwater.html
- http://www.incard.com/department_article.asp?articleid=544
- http://www.infoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap6_2.shtml
- http://www.ioet.org/iet_conservation.html
- <http://www.leonardodicaprio.org/whatsimportant/water.htm>

- http://www.opensewer.com/articles/2001-06-02-sell_it/sell_it1.htm
- <http://www.tribuneindia.com/2002/20020302/windows/main1.htm>
- http://www.veqsource.com/articles/pimentel_water.htm
- <http://www.veoliawater.com/en/services/industrial-customers/>
- http://www.veoliawater.com/business_and_industry/markets/pulp_and_paper.htm
- <http://www.wbu.com/edu/brochures/WhoopingCraneVitalWater.pdf>
- <http://www.worldveganday.org/html/modules.php?name=News&file=article&sid=882>
- <http://www.worldwatch.org/features/consumption/sow/trendsfacts/2004/03/03/>

Turismo

- Guillemin, R. Water Efficiency for Hotels, EPA New England. Coalition for Environmentally Responsible Conventions. 2004.
- Tourism. Stationery Office. Nairobi, 1993.
- France, L. et al. The Earthscan Reader in Sustainable Tourism. Londres: Earthscan, 1997.
- Honey, M. Ecotourism and Sustainable Development. Washington: Island Press, 2000.
- Hagler Bailly. Water management practices in the hotel industry in Barbados. United States Agency For International Development (USAID). 2000.
- Hagler Bailly. Improving water use efficiency in Jamaican hotels and resorts through the implementation of environmental management systems. Universities Council on Water Resources. 1999.
- Iniesta, J. Las consecuencias del modelo urbano-turístico de la costa dorada sobre los recursos hídricos: El caso de Torredembarra. IV CONGRESO IBÉRICO SOBRE GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL AGUA. 2004.
- Florez, J. Turismo y Medioambiente. Tribuna de la Mediterrania. 2004.
- Environment Agency UK. Savewater: The hotels water efficiency project. 2003.
- Hoffmeyer, D. Palmdale Water District. Opinión dada en página Internet:
- <http://www.palmdalewater.org/forum/>

Acuicultura

- Timmons, M., J. Ebeling, F. Wheaton, S. Summerfelt, y B. Vinci. *Sistemas de Recirculación para la Acuicultura*. Edición en Español. Fundación Chile. 2002.
- Maryland Department of Aquaculture. *State/Territory Permits and Regulations Impacting the Aquaculture Industry*. 1995.
- Davis, J. *Water Use for Aquaculture*. Proceedings of the 1986 Texas Fish Farming Conference. 1986.
- Tucker, C. *Water Quantity and Quality Requirements for Channel Catfish Hatcheries*. Southern Regional Aquaculture Center. 1991.
- Landbased Aquaculture Development Guidelines. Fact Sheet. Primary Industries and Resources S.A.
- <http://www.wrc.wa.gov.au>. Water quality protection notes. Water and Rivers Commission. 2003.
- Technologies, Procedures, and Economics of Cold-Water Fish Production and Effluent Treatment in Intensive Recycling Systems. The Conservation Fund. Freshwater Institute. 2003
- Water Quantity and Quality Requirements for Channel Catfish Hatcheries. Craig S. Tucker. SRAC Publication No, 461. 1991.
- Effect of aquaculture effluent and treated wastewater on water use efficiency of wheat crop in Saudi Arabia. Ali A. Al-Jaloud and Ghulam Hussain. Diffuse Pollution Conference Dublin. 2003
- The Freshwater Institute Natural Gas Powered Aquaponic System - Design Manual. The Conservation Fund. Freshwater Institute. 1997.
- Water Forecasts for Aquaculture. DHI - Water & Environment.
- Operators Manual for 880 - Recycle System. James Caldwell. The Conservation Fund's Freshwater Institute. 1998.
- Water use for Aquaculture. James T. Davis.
- <http://www.feap.info>. Code of Conduct. Federation of European Aquaculture Producers.
- State/Territory permits and regulations impacting the aquaculture industry. Joint Subcommittee on Aquaculture. 1995.

Hidroelectricidad

- Harambour, F. Introducción al Proyecto de Centrales Hidroeléctricas. 1999.
- CDEC-SIC. Información sobre centrales hidroeléctricas. Revisado en Julio 2005.
- <http://www.cdec-sic.cl/centrales/hidroelectricas/>

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN

REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA AGUA POTABLE

DOCUMENTO DE DISCUSION DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA AGUA POTABLE

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará, por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas".

Para el rubro Agua Potable se llevó a cabo un análisis de antecedentes nacionales, lo que considero la revisión de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias, así como también memorias técnicas de estudios para Sistemas de Agua Potable Rural (APR). Lo anterior permitió estimar los requerimientos de agua para fines de consumo potable a nivel urbano y rural, lo que se comparó con cifras referenciales utilizadas por organismos de planificación nacionales e internacionales.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector sanitario (agua potable) es la dotación de producción, la que corresponde al requerimiento de agua por habitante y por día. Esta medida o parámetro es estándar en el área sanitaria, por lo que se ha utilizado para definir los límites máximos para determinadas condiciones de abastecimiento.

En el caso de agua potable se ha dividido el análisis en sectores urbanos y rurales. Para el caso de los sectores urbanos la información utilizada corresponde a datos globales que la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) ha incluido en sus informes anuales, así como a información directa de las empresas sanitarias, para lo cual se han revisado los Planes de Desarrollo que éstas han presentado en los últimos años y que se encuentran disponibles en la

biblioteca de la SISS. La información detallada obtenida de los planes de desarrollo de las empresas sanitarias se ha incluido en el Anexo A junto a otra información procesada directamente por la SISS.

La información de los requerimientos de agua potable en zonas rurales se obtuvo directamente del Departamento de Programas Sanitarios dependiente de la Dirección de Obras Hidráulicas (DPS-DOH). En particular se utilizó información procesada en un estudio del año 1996, el cual analizó la distribución geográfica de los consumos de agua potable en términos de la dotación. Si bien se puede considerar que esta información no está actualizada se trata de un esfuerzo de sistematización que recoge de manera muy adecuada el nivel de información requerido para cumplir con los objetivos del estudio.

Finalmente se ha recurrido a la información de fuentes internacionales, lo que ha permitido contrastar los valores obtenidos de la revisión en las SISS y DPS-DOH. Una lista de las publicaciones que se han revisado se incluye al final de este documento.

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.1 Agua Potable en Zonas Urbanas

Tal como se ha mencionado, la información correspondiente a zonas urbanas se obtuvo desde una revisión de la información disponible en documentos generados por la SISS y en los planes de desarrollo de las mismas empresas sanitarias.

En lo que respecta a datos de la SISS el Informe de Gestión del Sector Sanitario 2003 incluye información sobre las 49 empresas concesionarias a lo largo del país. Un listado con las empresas concesionarias de servicios sanitarios y su número de clientes se presenta en el Anexo A. En este mismo anexo se incluye información sobre el número de clientes por empresa, pero en este caso se presentan sólo las 19 empresas más grandes (el corte en el número de empresas se hace según el número de clientes atendidos por ellas).

Información específica sobre la dotación de consumo de las 19 empresas de mayor tamaño se incluye en la Tabla 3.1. En esta tabla se ha separado las empresas en tres categorías, clasificándolas según su número de clientes en empresas Mayores, Medianas y Menores. En este caso se observa que la dotación promedio de las empresas mayores es del orden de 190 l/hab/día, mientras que para las empresas menores (incluyen sectores de mayor consumo como por ejemplo el sector oriente de Santiago) tiene una dotación promedio del orden de 200 l/hab/día. Si bien estas cifras son indicativas del nivel de consumo promedio de agua potable por parte de la población abastecida por una empresa sanitaria, ellas no muestran las particularidades de algunos sectores específicos del área de concesión al tratarse de valores agregados. Asimismo, estos datos no muestran efectos como las pérdidas de conducción y los coeficientes de demanda diaria, los que deben incluirse para determinar las demandas de agua reales.

Para incorporar los efectos anteriormente señalados se consiguió información más detallada para analizar los rangos de valores para la dotación de consumo según sectores o ciudades abastecidas por las diversas empresas sanitarias. Para lo anterior se recurrió a la información contenida en los planes de desarrollo de las empresas sanitarias, lo que se entrega detallado en el Anexo A y resumido en la Tabla 3.2.

Tabla 3.1
Dotación de Consumo de Empresas Sanitarias

Empresa	Población Abastecida (Habitantes)		Dotación (l/hab/día)	
	2003	2002	2003	2002
Empresas Mayores:	7.690.535	7.580.682	183.7	186.1
AGUAS ANDINAS	5.561.072	5.476.909	197.3	199.3
ESSBIO	2.129.463	2.103.773	148.2	151.8
Empresas Medianas:	3.782.709	3.714.345	164.1	167.2
SMAPA	618.446	600.158	211.2	212.1
ESVAL	1.418.670	1.405.636	170.6	170.8
ESSCO	519.702	511.105	144.8	150.0
A NUEVO SUR MAULE	631.731	616.583	143.4	149.4
ESSAR	594.161	580.863	138.7	146.3
Empresas Menores:	2.553.932	2.494.429	201.4	203.4
AGUAS MANQUEHUE	17.801	17.186	968.8	889.1
COOPAGUA	4.400	3.352	932.1	1.064.7
AGUAS LOS DOMÍNICOS	15.642	14.319	743.5	778.3
AGUAS CORDILLERA	433.095	415.534	366.5	374.6
SERVICOMUNAL	70.913	68.446	195.0	191.1
ESMAG	148.923	147.290	173.9	179.1
ESSAT	414.957	408.728	158.5	158.9
A PATAGONIA AYSÉN	69.343	68.564	158.2	159.5
EMSSAT	243.641	239.201	153.9	154.6
AGUAS DECIMA	131.758	128.717	148.1	153.8
ESSAL	538.585	529.586	143.9	148.3
ESSAN	464.874	453.506	154.4	156.7

Fuente: Informe de Gestión de Sector Sanitario 2003. SISS

La información que se presenta en la Tabla 3.2 corresponde a los valores extremos de dotación de consumo (mínimo y máximo) para las diversas empresas sanitarias. En este caso se ha considerado sólo aquellos sectores o ciudades (dependiendo del nivel de detalle del Plan de Desarrollo) con un consumo promedio anual superior a 10 l/s. Esto último permitió eliminar o filtrar datos de dotación artificialmente altos y trabajar sólo con aquellos más representativos. En el caso de algunas empresas (por ejemplo COOPAGUA y Aguas Dominicanos) no se contó con la información de detalle para analizar su dotación de consumo por sectores, lo que no afectará este análisis dado que se dispone de datos de zonas con características similares.

Los datos que se muestran en la Tabla 3.2 describen una situación más realista que aquella que se resume en la Tabla 3.1, la que corresponde sólo a valores promedio de un área geográfica relativamente amplia. En este caso es posible observar las grandes variaciones de la dotación de consumo dentro de una misma empresa y dependiendo del sector de la concesión, lo que refleja la variabilidad por el tipo de consumo en esas áreas.

Tabla 3.2
 Dotaciones Máximas y Mínimas de Consumo

Empresa	Dotación (l/hab/día)		Dotación (l/hab/día)	
	2003	2002	MIN	MAX
Empresas Mayores:	183.7	186.1		
AGUAS ANDINAS	197.3	199.3	104.0	808.0
ESSBIO	148.2	151.8	87.0	257.0
Empresas Medianas:	164.1	167.2		
SMAPA	211.2	212.1	105.0	298.0
ESVAL	170.6	170.8	128.0	889.0
ESSCO	144.8	150.0	119.0	254.0
A NUEVO SUR MAULE	143.4	149.4	96.0	173.0
ESSAR	138.7	146.3	124.0	233.0
Empresas Menores:	201.4	203.4		
AGUAS MANQUEHUE	968.8	889.1	730.0	815.0
COOPAGUA	932.1	1064.7	(-)	(-)
AGUAS LOS DOMINICOS	743.5	778.3	(-)	(-)
AGUAS CORDILLERA	366.5	374.6	291.0	1,321.0
SERVICOMUNAL	195.0	191.1	(-)	(-)
ESMAG	173.9	179.1	156.0	187.0
ESSAT	158.5	158.9	111.0	216.0
A PATAGONIA AYSÉN	158.2	159.5	139.0	141.0
EMSSAT	153.9	154.6	104.0	179.0
AGUAS DECIMA	148.1	153.8	147.0	147.0
ESSAL	143.9	148.3	93.0	289.0
ESSAN	154.4	156.7	77.0	106.0

(-) No hay dato disponible

Fuente: Informe de Gestión de Sector Sanitario 2003 (SISS) y Planes de Desarrollo.

Para efectos de los objetivos de este estudio se separarán los datos disponibles en tres grupos. Un primer grupo corresponde a aquellos sectores de mayor consumo unitario, los que se asociarán a viviendas con amplios jardines y otros consumos elevados de agua que aumentan su dotación de consumo. En este grupo se incluirán las empresas Aguas Manquehue, Coopagua, Aguas Los Dominicos, Aguas Cordillera y algunos sectores en el área de concesión de Aguas Andinas. Un segundo grupo está constituido por el resto de las empresas, las que se asociarán a viviendas con consumos más tradicionales. Finalmente, el tercer grupo corresponde a aquellas empresas que presentan una alta estacionalidad, para lo cual se identificó un conjunto de localidades que permiten caracterizar este tipo de sectores. Un detalle de los sectores o áreas de concesión de cada empresa sanitaria asociada a cada uno de los grupos anteriores se presenta en el Anexo A. A partir de este criterio se preparó un conjunto de gráficos los que se presentan en las Figuras 3.1 a 3.4. Estas figuras muestran la distribución geográfica de la dotación de consumo para el total de las empresas sanitarias y para la sectorización en los tres grupos señalados con anterioridad.

Figura 3.1
Dotación de Consumo en Total de Empresas Sanitarias
(Mínimo y Máximo en Área de Concesión)

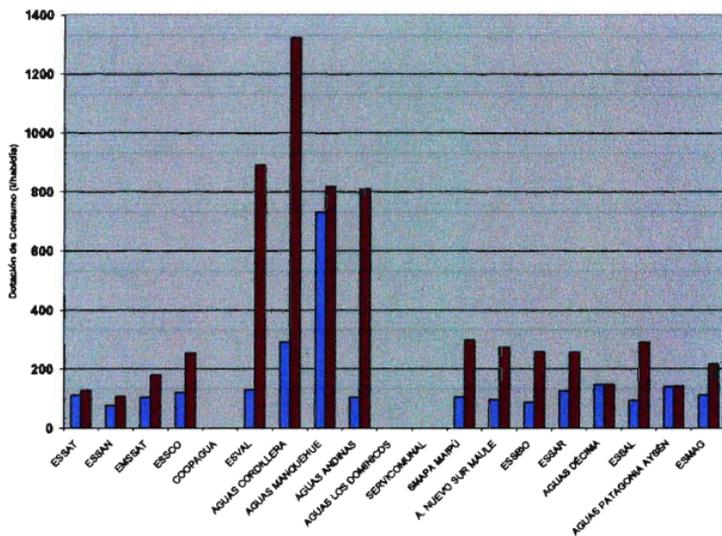


Figura 3.2
Dotación de Consumo Asociadas a Sectores de Consumo Tradicional
(Mínimo y Máximo en Área de Concesión)

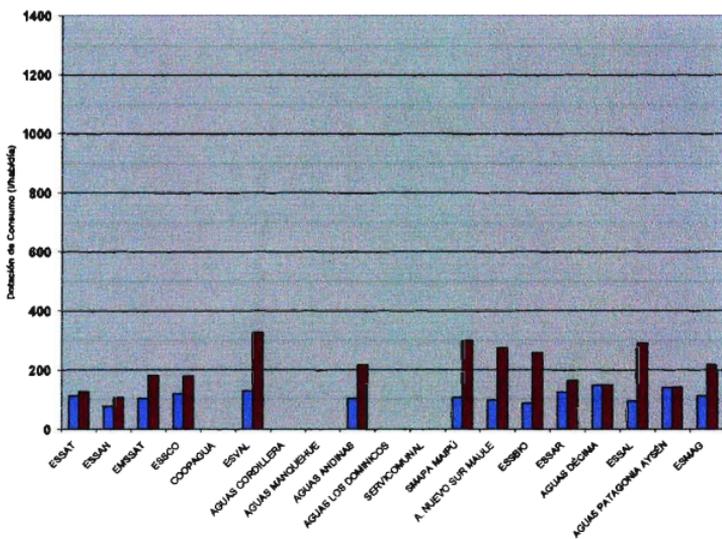


Figura 3.3
Dotación de Consumo Asociadas a Sectores de Alto Consumo
(Mínimo y Máximo en Area de Concesión)

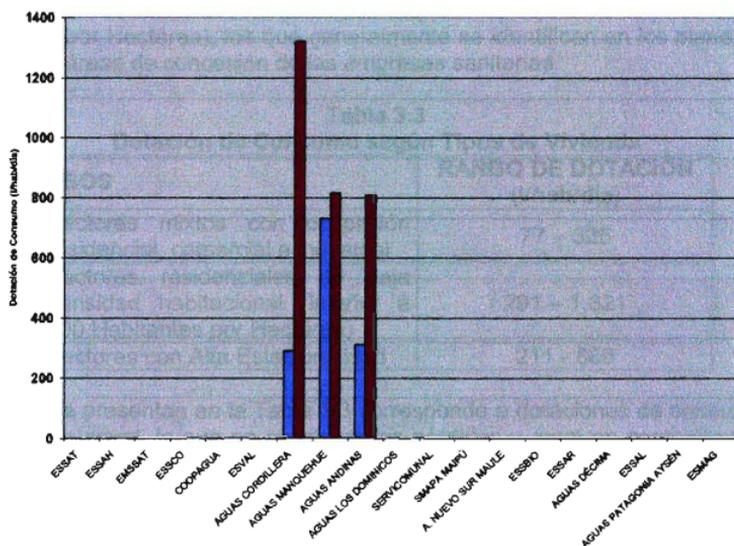
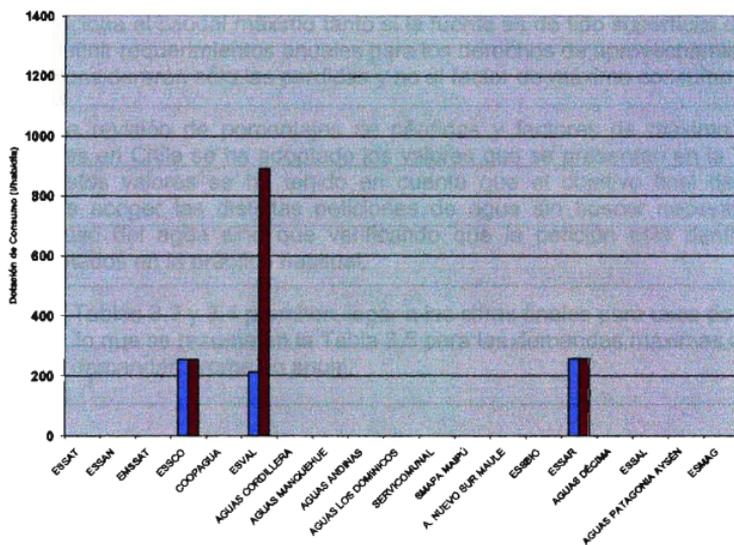


Figura 3.4
Dotación de Consumo Asociadas a Sectores con Variación Estacional Marcada
(Mínimo y Máximo en Area de Concesión)



Posteriormente, la información procesada para cada tipo de consumo de agua potable permitió definir la Tabla 3.3, la que muestra los límites de dotación de consumo asociados a estos tres grupos. La zona de consumo tradicional que se indica en la Figura 3.2 corresponde a un sector mixto en el cual se encuentran áreas residenciales, comerciales e industriales. Las zonas de alto consumo están asociadas directamente con sectores de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea), los que generalmente se identifican en los planes reguladores de las ciudades y áreas de concesión de las empresas sanitarias.

Tabla 3.3
Dotación de Consumo según Tipos de Vivienda

USOS	RANGO DE DOTACIÓN (l/hab/día)
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	77 - 325
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	291 - 1.321
Sectores con Alta Estacionalidad	211 - 889

Los valores que se presentan en la Tabla 3.3 corresponden a dotaciones de consumo obtenidas como un promedio anual, lo que no considera las pérdidas y agua no contabilizada, así como tampoco incluye el efecto del factor de máximo consumo diario. El efecto de las pérdidas debe ser incluido para considerar que el agua entregada a la población es un porcentaje de lo que la empresa realmente requiere a nivel de la fuente debido a pérdidas físicas de conducción en la red, así como también a problemas de medición y otras pérdidas en el trayecto. Por su parte, el factor de máximo consumo diario considera que la demanda de agua potable es marcadamente de tipo estacional, por lo que durante los meses de verano se produce un aumento de su uso, y en particular hay días con valores más altos de demanda. Este efecto hace aumentar la dotación requerida para prever esta situación a nivel de la fuente. Cabe mencionar que este último factor condiciona el caudal máximo tanto si la fuente es de tipo superficial o subterránea. Para efectos de definir requerimientos anuales para los derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas se considerarán sólo las pérdidas y no el factor de máximo consumo diario.

De acuerdo a una revisión de porcentajes de pérdidas y factores de máximo consumo en empresas sanitarias en Chile se ha adoptado los valores que se presentan en la Tabla 3.4. En la adopción de estos valores se ha tenido en cuenta que el objetivo final de la Tabla de Requerimientos es acoger las distintas peticiones de agua sin buscar necesariamente una optimización del uso del agua sino que verificando que la petición esté dentro de rangos comúnmente aceptados en la práctica habitual.

Los valores de las Tablas 3.3 y 3.4 permiten llegar a las cifras finales para usos de agua potable en zonas urbanas, lo que se resume en la Tabla 3.5 para las demandas máximas diarias y en la Tabla 3.6 para las demandas promedio anual.

Tabla 3.4
Factores de Aumento de la Dotación de Consumo

PARÁMETRO	VALOR ADOPTADO
Porcentaje de Pérdidas (%)	30.0
Factor de Máximo Consumo Diario	
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	1.5
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	2.5
Sectores con Alta Estacionalidad	2.0

Tabla 3.5
Dotación Máxima según Tipos de Vivienda

USOS	DOTACIÓN DE PRODUCCION (l/hab/día)
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	650
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	4,300
Sectores con Alta Estacionalidad	2,500

Tabla 3.6
Dotación Promedio Anual según Tipos de Vivienda

USOS	DOTACIÓN DE PRODUCCION (l/hab/día)
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	430
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	1,750
Sectores con Alta Estacionalidad	1,200

En el caso específico de los sectores residenciales de baja densidad habitacional la dotación de producción identificada en la Tabla 3.5 es un límite superior para los requerimientos de agua potable. La mayoría de los sistemas de abastecimiento en sectores de estas características tendrán dotaciones más bajas que la señalada anteriormente.

3.2 Agua Potable en Zonas Rurales

Para efectos de analizar los requerimientos de agua potable en el sector rural se ha utilizado información generada en el DPS-DOH, organismo encargado de la supervisión técnica de los sistemas de APR en Chile. Estudios desarrollados a fines de los años 90 permitieron agrupar la información histórica relativa a los consumos de agua potable en comunidades rurales y analizar su variación geográfica. Si bien los datos generados en ese estudio no están

actualizados al año 2005 nos permiten estimar los requerimientos tradicionales de esta actividad para luego incorporar la incertidumbre mediante un factor de seguridad adicional.

Desde un punto de vista histórico, los sistemas de APR se comenzaron a diseñar con dotaciones de consumo muy inferiores a aquellas correspondientes a sectores urbanos ya que se suponía que estos sistemas sólo utilizaban pilotes públicos. Las dotaciones de consumo oscilaban entre 20 y 40 l/hab/día. Posteriormente se incorporan sistemas de regulación y arranques domiciliarios, lo que produce un aumento en los requerimientos de agua potable, los que se acercan a los valores promedio de zonas urbanas. A modo de ejemplo, en la Tabla 3.7 se indican los requerimientos de agua en sistemas rurales de acuerdo al tipo de conexión domiciliaria.

Tabla 3.7
Dotación de Consumo en Zonas Rurales

TIPOS DE CONEXIÓN	DOTACIÓN DE CONSUMO (l/hab/día)
Una llave única	60
Una unidad: lavamanos y lavaplatos	150
Conexión normal	200

Fuente: Rodríguez (1996)

Más allá de los valores recomendados para diseño de sistema de APR, estudios realizados en los años 1987 y 1989 permitieron establecer que las dotaciones efectivas de los servicios rurales existentes en Chile oscilaban entre los 50 y 100 l/hab/día

Durante el año 1996 se llevó a cabo una evaluación de las dotaciones de consumo en sistemas de APR en Chile (Rodríguez, 1996). Este estudio contempló la revisión de 119 servicios existentes entre la I y XII regiones del país. Dentro de los aspectos considerados en el estudio de la referencia se incluyó la localización del servicio de APR, su antigüedad, su rango de población abastecida, la distancia desde un centro urbano y su nivel socio-económico.

Como resultado del estudio se obtuvo una dotación media general de 79.8 l/hab/día, y se pudo determinar la distribución geográfica de las dotaciones, lo que se resumen en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8
Distribución Geográfica de Dotación de Consumo en APR

ZONA GEOGRAFICA	REGIONES	DOTACIÓN DE CONSUMO (l/hab/día)
Zona Norte	I, II, III	59.6
Zona Centro 1	IV, V, VI, VII	81.5
Zona Centro 2	RM	106.5
Zona Sur	VIII, IX, X, XI, XII	61.1

Fuente: Rodríguez (1996)

Otro aspecto que se destaca en el estudio de Rodríguez (1996) es la falta de datos sobre pérdidas en los sistemas de distribución al carecer la mayoría de los sistemas de APR de medidores de caudal en las unidades domiciliarias. La información anterior permite realizar una estimación de la dotación de producción para sistemas de APR para lo cual se considerará un

factor de seguridad cercano a 2, lo que permite definir el requerimiento que se presenta en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9
Dotación Máxima en Sistemas de Agua Potable Rural (APR)

USOS	DOTACIÓN DE PRODUCCION (l/hab/día)
Sistemas de Agua Potable Rural	200

3.3 Requerimientos de Agua en Faenas Productivas

El agua de consumo humano es para bebida, cocción, lavado, riego, y baños. Los datos disponibles indican que en caso de una faena productiva esta cantidad varía entre 130 y 200 litros por día por persona (Bechtel Chile – 1997 - citado por Lagos, 1997).

Para efectos de faenas productivas y similares se adoptará una valor equivalente al de los sistemas de APR, con lo cual se utilizará una dotación máxima de 200 l/hab/día.

4. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de sistemas de agua potable. Esta propuesta se resume en la Tabla 4.1 para las fuentes superficiales y en la Tabla 4.2 para las fuentes subterráneas.

Para efectos de esta propuesta se ha diferenciado entre solicitudes para fuentes superficiales y subterráneas. Para el primer caso se expresará la tasa de consumo en unidades del tipo litros por segundo por cada 1000 habitantes (l/s/1000 hab), mientras que para las fuentes subterráneas se utilizará metros cúbicos por año por cada habitante (m³/año/hab).

Tabla 4.1
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7.6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	50.0	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30.0	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2.5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

Tabla 4.2
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	160	m ³ /año/hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	650	m ³ /año/hab
Sectores con Alta Estacionalidad	450	m ³ /año/hab
Sistemas de Agua Potable Rural	79	m ³ /año/hab
Campamentos o faenas productivas	79	m ³ /año/hab
Demanda Máxima Puntual (Valor "Peak")		
USOS	VALOR	UNIDAD
Sectores mixtos con ocupación residencial, comercial e industrial	7.6	l/s/1000 hab
Sectores residenciales de baja densidad habitacional (inferior a 100 Habitantes por Hectárea)	50.0	l/s/1000 hab
Sectores con Alta Estacionalidad	30.0	l/s/1000 hab
Sistemas de Agua Potable Rural	2.5	l/s/1000 hab
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

5. REFERENCIAS

- SISS Informe de Gestión de Sector Sanitario 2003. 2003.
- Plan de Desarrollo Aguas Cordillera, 2000
- Plan de Desarrollo Aguas Manquehue, 1997
- Plan de Desarrollo AGUAS DECIMA, 2004 Plan de Desarrollo ESSAT, 2003
- Plan de Desarrollo Cooperativa de abastecimiento de AP Maule, 2002
- Plan de Desarrollo Cooperativa de abastecimiento de AP Sarmiento, 2003
- Plan de Desarrollo Cooperativa Sagrada Familia, 2003
- Plan de Desarrollo EMOS, 2000
- Plan de Desarrollo EMSSA, 2002
- Plan de Desarrollo EMSSAT, 1998
- Plan de Desarrollo ESMAG, 2001
- Plan de Desarrollo ESSAL, 2001
- Plan de Desarrollo ESSAM, 2002
- Plan de Desarrollo ESSAN, 2001
- Plan de Desarrollo ESSAR, 2000
- Plan de Desarrollo ESSBIO, 2002
- Plan de Desarrollo ESSCO, 2003
- Plan de Desarrollo ESSEL, 2002
- Plan de Desarrollo ESVAL, 2002
- Plan de Desarrollo Servicios Sanitarios Playa Brava, 2001
- Gleick, P. Basic Water Requirements for Human Activities: Meeting Basic Needs. Water International. 1996.
- GWP-SAMTAC. Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Taller Nacional Chile. 2003.

- Rodríguez, S. Evaluación de la Dotación de Agua Potable Rural para el Diseño de Nuevos Sistemas en Chile. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. 1996
- Cornejo, J. Evaluación de Parámetros de Diseño de Proyectos para los Programas de Agua Potable Rural de Chile. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil. Universidad de Chile. 1987
- Lagos, G. Eficiencia del Uso del Agua en la Minería del Cobre. Seminario CEP sobre Gestión del Agua en la Minería. 1997.
- MINVU Plan Regulador Metropolitano de Santiago.

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN
REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA RIEGO

DOCUMENTO DE DISCUSION DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA RIEGO

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará, por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas".

Para determinar los requerimientos de agua para riego se analizó un conjunto de estudios previos realizados por organismos de nivel nacional e internacional. Asimismo se obtuvo información específica de proyectos de riego beneficiados por la Ley 18450, lo que permitió analizar proyectos privados a nivel regional. En forma adicional se consultó un documento del Taller Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (GWP, 2003) donde se determinó el consumo anual de riego en cada región del país. Por último, y a modo de comparación, se consideró los valores entregados en documentos del Consejo de Investigación Nacional de los Estados Unidos (1996).

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

Para determinar la demanda de agua para riego se ha recurrido a los valores de caudal por unidad de área (hectárea) encontrados en distintos proyectos integrales de riego desarrollados para la Comisión Nacional de Riego por consultores especializados. Estos estudios dan cuenta de análisis específicos sobre los requerimientos de agua para riego en diferentes cuencas en nuestro país, analizando la situación actual, al momento del estudio, y futura de riego para dichos sectores. En dichos informes se encuentra información relevante del área regada y los requerimientos de agua para distintas cuencas de nuestro país.

En forma complementaria se ha utilizado información contenida en los proyectos de la Ley 18450 de Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego para obtener datos de proyectos de riego de menor envergadura, en los cuales se hace referencia al área beneficiada con el proyecto de riego así como el caudal otorgado mediante derechos de agua.

La Organización Mundial del Agua (Global Water Partnership, 2003) realizó en el año 2003 un taller de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. En este taller se discutió el manejo y uso actual del agua en las distintas actividades productivas del país, incluyendo información específica de la ODEPA referente al uso de recursos hídricos en la actividad agrícola en Chile.

Por último, y con el fin de obtener información sobre las demandas de riego a nivel internacional, se analizó diversos documentos que recopilan información sobre esta materia en EEUU y Europa. En particular se presenta en este informe los resultados más relevantes de una investigación realizada por el Consejo Nacional de Investigación de los EEUU, donde se analiza la eficiencia del riego en dicho país.

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.1 Análisis de los Estudios Integrales de la CNR

En una primera instancia se analizó diversos proyectos integrales de riego llevados a cabo por la Comisión Nacional de Riego (CNR). Cada uno de estos proyectos comprende una amplia zona estudio para la cual se determinaron la disponibilidad y requerimientos de agua para la agricultura. Así fue posible obtener valores de la demanda de agua de riego asociada a extensas áreas de cultivo, considerándose éstos como valores de referencia de las dotaciones de riego existentes a lo largo del país.

Los estudios integrales consultados fueron los de Choapa, Elqui, Putaendo, Maipú - Yali y Alhué, Mataquito, Itata, Maule, y Magallanes. De ellos, sólo los informes del Elqui, Putaendo, Maipú - Yali y Alhué, Mataquito, e Itata presentaban la información procesada en una forma adecuada para los fines de este trabajo. En la Tabla 3.1 se muestran las demandas de riego globales o integradas para cada una de las cuencas analizadas. Además en el Anexo de Riego se encuentran los valores para los distintos sectores considerados dentro del área de estudio.

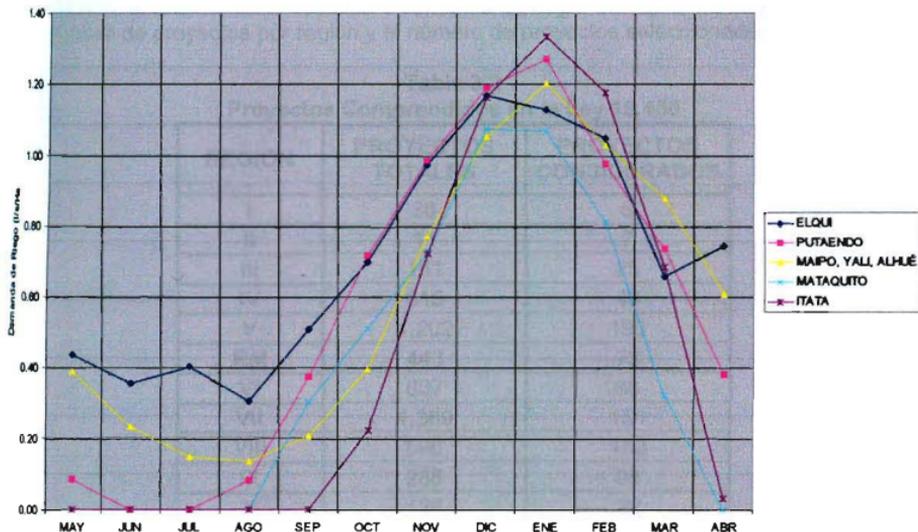
Tabla 3.1
Demanda de Agua de Riego Anual ($m^3/año/Há$) según Estudios Integrales de la CNR

CUENCA	Demanda de Agua ($m^3/año/Há$)
ELQUI	21,866
PUTAENDO	17,625
MAIPO, YALI, ALHUÉ	18,292
MATAQUITO	12,506
ITATA	13,810

Tal como se muestra en la Tabla 3.1, las demandas globales de agua para riego oscilan entre 13,000 y 22,000 $m^3/año/Há$, con una disminución progresiva hacia el sur del país debido a que la demanda de riego es suplida en parte por la precipitación local.

Para apreciar con mayor claridad la distribución de la demanda de riego a nivel nacional, en la figura 3.1 se muestra la distribución de las demandas de agua para riego a nivel mensual, encontradas para cada una de las cuencas indicadas en la Tabla 3.1. Las zonas han sido ordenadas de norte a sur para una interpretación más clara de los resultados.

Figura 3.1
Distribución Mensual de la Dotación de Riego para las Cuencas Analizadas



En este caso se observa que los valores máximos de la demanda de riego a nivel mensual se tienen, para todos los casos indicados en la Figura 3.1, en los meses de Diciembre y Enero. En el caso de la cuenca del Elqui se tiene valores para la demanda de riego en los meses de Mayo, Junio, Julio y Agosto, lo que contribuye a aumentar la demanda anual indicada en la Tabla 3.1.

3.2 Análisis de la Ley 18.450 de la Ley de Fomento de Inversión Privada en Obras de Riego

Como parte de los análisis realizados en este trabajo se incluyó la revisión de proyectos de riego beneficiados con la Ley 18.450. Para cada uno de los proyectos de riego la CNR dispone de información sobre el área beneficiada por el proyecto así como el derecho de agua asignado a éste. Dichos derechos, entregados por la DGA, muchas veces hacen referencia a acciones, porcentajes de uso, períodos de uso, u otro tipo de asignación del derecho. Debido a lo estrecho de los plazos no se ahondó en su equivalencia a caudal y sólo se utilizaron aquellos proyectos en que se expresaba el derecho otorgado en litros o metros cúbicos por segundo. Una vez seleccionados los proyectos con información relevante, se calculó la dotación de riego para cada proyecto dividiendo el caudal otorgado a través de los derechos de agua y el área

beneficiada del proyecto. De ésta manera se obtuvo la demanda de riego para cada proyecto en unidades de l/s/ha.

Al analizar los resultados de esta revisión se encontró que muchos de los valores calculados eran excesivamente altas, debido principalmente a distorsiones en los caudales asociados al proyecto o a las áreas beneficiadas con la ley. El total de proyectos incluidos en la base de datos de la CNR alcanzó a 5.588, de los cuales un total de 867 disponían de información adecuada para el análisis de la dotación o demanda de riego. La Tabla 3.2 muestra un resumen con el número de proyectos por región y el número de proyectos seleccionados para el análisis.

Tabla 3.2
Proyectos Comprendidos en la Ley 18.450

REGION	PROYECTOS TOTALES	PROYECTOS CONSIDERADOS
I	36	6
II	11	7
III	161	25
IV	615	43
V	1.202	190
RM	443	73
VI	627	66
VII	1.369	151
VIII	596	153
IX	286	98
X	136	32
XI	42	9
XII	64	14
TOTAL	5.588	867

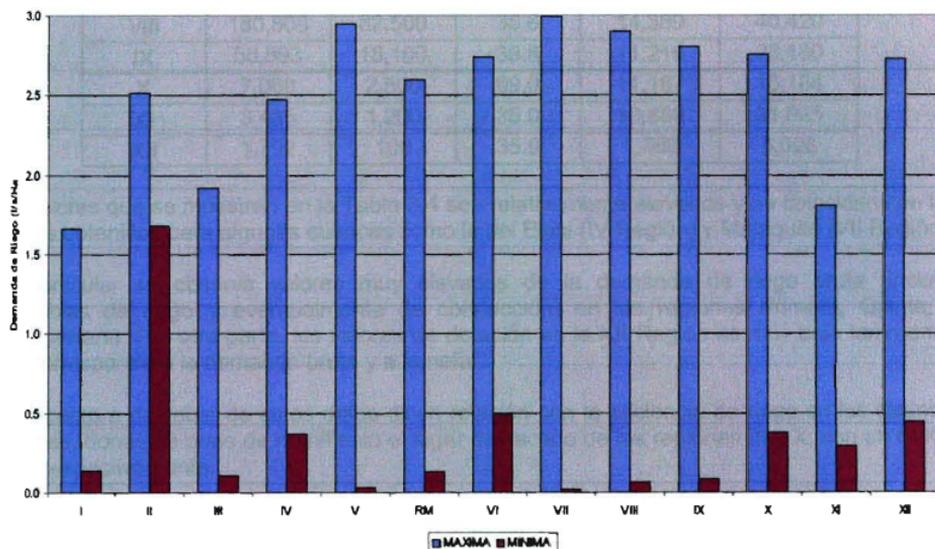
Los proyectos que contaban con información de caudales y superficie de riego fueron utilizados para evaluar las demandas de riego en l/s/Há. Los valores de demanda de riego superiores a 3.0 l/s/Há fueron eliminados en forma directa y se obtuvo un conjunto de datos más restringido que permitió determinar las demandas mínimas y máximas, lo que se resume en la Tabla 3.3 y la Figura 3.2

Un análisis de esta información muestra que los datos analizados no son adecuados para obtener valores representativos para la demanda de riego a partir de la información de la Ley 18.450. En efecto, los valores de demanda máxima obtenidos en este análisis son muy superiores a aquellos identificados, a nivel global, en los estudios integrales de riego desarrollados por la CNR.

Tabla 3.3
Demandas de Riego Máximas y Mínimas

REGION	DEMANDAS DE RIEGO (l/s/Há)		PROYECTOS REVISADOS	
	MAXIMA	MINIMA	TOTALES	CONSIDERADOS
I	1.66	0.14	36	6
II	2.51	1.68	11	7
III	1.91	0.11	161	25
IV	2.47	0.37	615	43
V	2.95	0.03	1202	190
RM	2.60	0.13	443	73
VI	2.74	0.50	627	66
VII	2.99	0.02	1369	151
VIII	2.90	0.06	596	153
IX	2.81	0.08	286	98
X	2.75	0.37	136	32
XI	1.80	0.29	42	9
XII	2.73	0.44	64	14
TOTAL			5588	867

Figura 3.2
Demandas de Riego Máximas y Mínimas



3.3 Información Obtenida del Taller Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos

Dentro del informe realizado para el Taller Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos se encuentra la información entregada por la ODEPA en cuanto al área, caudales y eficiencia de riego anuales para cada región del país. Puesto que la información se presenta agregada a nivel anual, se considerará la demanda de riego en unidades de m³/ha/año, la que se presenta resumida en la Tabla 3.4 y gráficamente en la Figura 3.3.

Tabla 3.4
Demandas de Riego por Región (ODEPA)

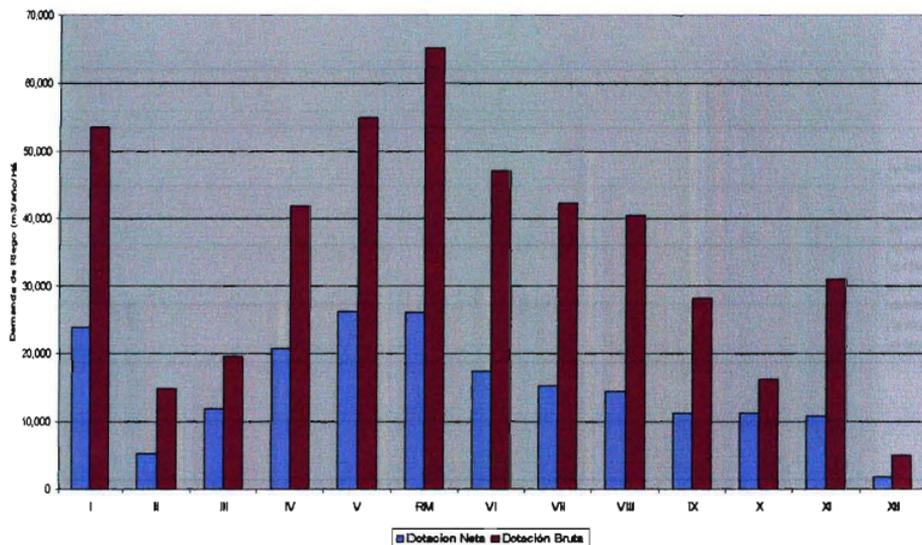
Región	Superficie Total	Demanda	Eficiencia de Riego	Demanda Neta	Demanda Bruta
	Há	l/s	%	m ³ /año/Ha	m ³ /año/Ha
I	8,039	6.100	44.7	23,930	53,534
II	2,962	500	36.0	5,323	14,787
III	14,264	5,400	60.8	11,939	19,636
IV	49,526	32,500	49.5	20,695	41,807
V	38,962	32,400	47.8	26,225	54,863
RM	145,357	120,800	40.2	26,208	65,195
VI	208,651	115,100	37.0	17,396	47,018
VII	318,326	153,100	35.9	15,167	42,249
VIII	180,808	82,500	35.6	14,389	40,420
IX	50,893	18,100	39.8	11,216	28,180
X	7,060	2,500	69.0	11,167	16,184
XI	3,485	1,200	35.0	10,859	31,025
XII	1,792	100	35.0	1,760	5,028

Los valores que se muestran en la Tabla 3.4 son relativamente elevados y no coinciden con los valores obtenidos para algunas cuencas como la del Elqui (IV Región) y Mataquito (VII Región).

En particular se observa valores muy elevados de la demanda de riego bruta (incluye eficiencias de riego y eventualmente de conducción) en las regiones Primera, Quinta, y Metropolitana. Por otra parte, los valores de dotación en la XII Región es muy baja tanto en lo que corresponde a la demanda bruta y a la neta.

Un aspecto a destacar de estos datos dicen relación con la eficiencia de riego en las distintas regiones, donde se pone de manifiesto el lugar destacado de las regiones III y X, con un 61% y 69%, respectivamente.

Figura 3.3
Demandas de Riego Anuales, por Región



3.4 Información Internacional

Para comparar los valores de demandas de riego obtenidas en estudios nacionales se recurrió a información contenida en informes internacionales, para lo cual se utilizó en forma específica un documento desarrollado en los EEUU sobre aspectos históricos del riego en este país. En este documento se entrega información general sobre la demanda de riego para distintos sectores de los EEUU y su variación entre los años 1969 y 1994. La información original se presenta en pulgadas/año pero fue convertida a l/s/ha y m³/año/ha para comparar con los valores obtenidos en la presente revisión.

En forma adicional se entrega información sobre la variación de la demanda anual para una serie de cultivos tradicionales los que incluyen el maíz, praderas naturales, arroz, soya, algodón y alfalfa. Al igual que en el caso anterior esta información se presenta para los años 1969 a 1994.

En las Figuras 3.4 y 3.5 se muestra la demanda de riego por sector geográfico y por cultivo, respectivamente. Los resultados indican valores máximos de la demanda de riego, a nivel anual, cercanos a 10,000 m³/año/Há.

Figura 3.4
Demanda de Riego de Estados Unidos (m³/año/ha)

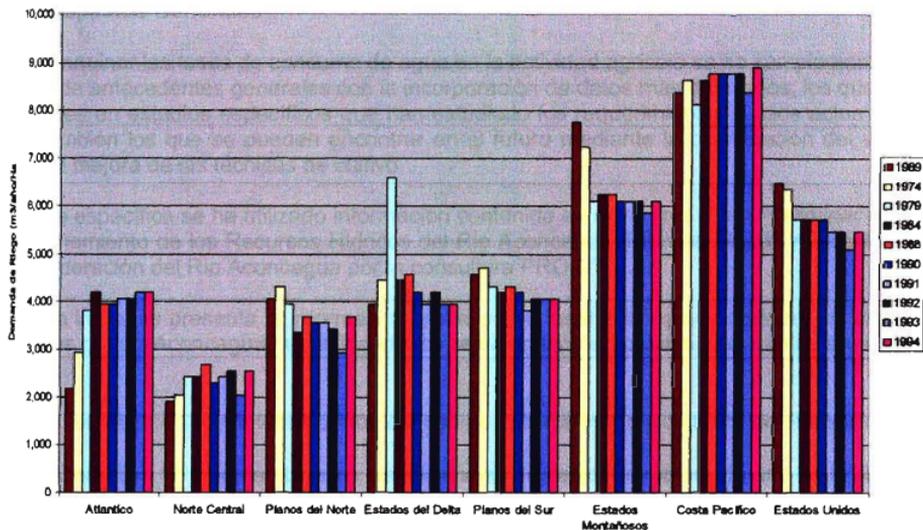
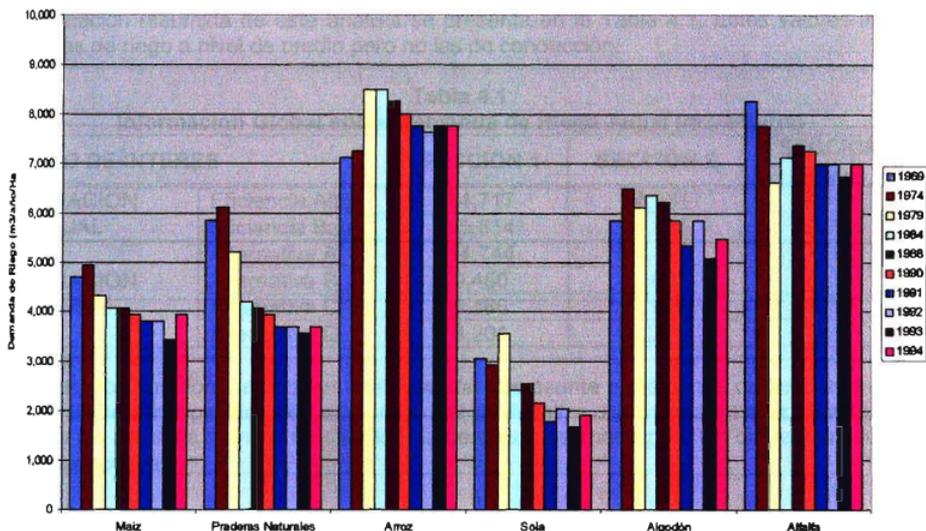


Figura 3.5
Demanda de Riego por Cultivo (m³/año/ha)



4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

4.1 Aspectos Generales

Para determinar las tasas de consumo de agua en la actividad agrícola se ha complementado la revisión de antecedentes generales con la incorporación de datos más detallados, los que están disponibles en estudios específicos que han estudiado los requerimientos o usos actuales, así como también los que se pueden encontrar en el futuro mediante la optimización del uso del agua y la mejora de las técnicas de cultivo.

En forma específica se ha utilizado información contenida en el informe "Plan Preliminar para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Río Aconcagua. Primera Etapa", realizado para la Confederación del Río Aconcagua por la consultora PROCIVIL.

En forma inicial se presenta la información global sobre las demandas de riego en las distintas secciones del río Aconcagua, identificando los requerimientos actuales y en cuatro situaciones futuras.

- Alternativa A: Sólo intensificación del uso de la tierra (no hay cambios de eficiencias)
- Alternativa B: Sólo cambios en las eficiencias de riego (estructura de uso de la tierra se mantiene igual).
- Alternativa C: Cambios en eficiencias y estructura del uso de la tierra
- Alternativa D: Cambios en las eficiencias y uso muy intenso de la tierra.

La información resumida de este análisis se presenta en la Tabla 4.1. Estos valores incluyen eficiencias de riego a nivel de predio pero no las de conducción.

Tabla 4.1
Información Global sobre Demanda de Riego Anual (m³/año/Há)

CASO DE INTERES		SECCION 1	SECCION 2	SECCION 3 y 4
SITUACION ACTUAL	Eficiencia Alta	14,717	14,931	9,924
	Eficiencia Baja	15,814	15,875	10,774
SITUACION FUTURA	Alternativa A	14,744	14,849	9,564
	Alternativa B	9,450	9,486	8,234
	Alternativa C	8,466	9,132	7,588
	Alternativa D	8,201	8,293	7,413

Los resultados anteriores muestran una situación interesante en términos de las demandas de riego en un sector específico del país, en el cual se visualiza una mejora en el aprovechamiento futuro de los recursos hídricos en cuanto a la demanda estimada para las diferentes secciones del río Aconcagua.

4.2 Situación Actual

En particular podemos concentrarnos en la información sobre uso actual del agua en la Sección 2, la que presenta la mayor demanda de riego anual para el caso de una eficiencia de riego baja. Al considerar en forma más desagregada la información presentada en la Tabla 4.1 se obtiene la siguiente información a nivel anual según rubros agrícolas, la que se presenta en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2
Demandas de Riego según Rubros (m³/año/Há)
Situación Actual

RUBROS	DEMANDA ANUAL
FRUTALES	15,330
CEREALES	9,959
CHACRAS	17,081
CULT INDIV	19,588
HORT FLORES	12,628
FORRAJERAS	24,395
PRADERAS	13,312
FORESTALES	3,832

En la Tabla 4.2 es posible observar las demandas de riego para los rubros forrajeras y cultivos individuales, los que tienen los mayores valores anuales. Al considerar su variación a través de los meses del año se tienen los valores que se especifican en la Figura 4.1 en l/s/Há. En la Figura 4.1 se observa que las mayores demandas están asociadas a los cultivos de cereales (en Noviembre) y forrajeras y chacras (en Enero) con un consumo del orden de 2.0 l/s/Há.

Al considerar los cultivos individuales es posible identificar cinco de ellos que poseen los mayores requerimientos de agua a nivel anual y que además presentan altas tasas de consumo estacional. Estos cultivos son los siguientes: kiwi, zanahoria, alfalfa, cultivos individuales y chacras. En la Tabla 4.3 se muestran los valores de demanda anual, mientras que en la Figura 4.2 se presenta la variación estacional de la demanda de riego.

Tabla 4.3
Demandas de Riego según Rubros (m³/año/Há)
Situación Actual

CULTIVOS	DEMANDA ANUAL
Kiwi	25,628
Zanahoria	24,453
Alfalfa	24,395
Cult Indiv	19,592
Chacras	17,083

Figura 4.1
Variación Estacional de las Demandas de Riego por Rubro (l/s/Há)
Situación Actual

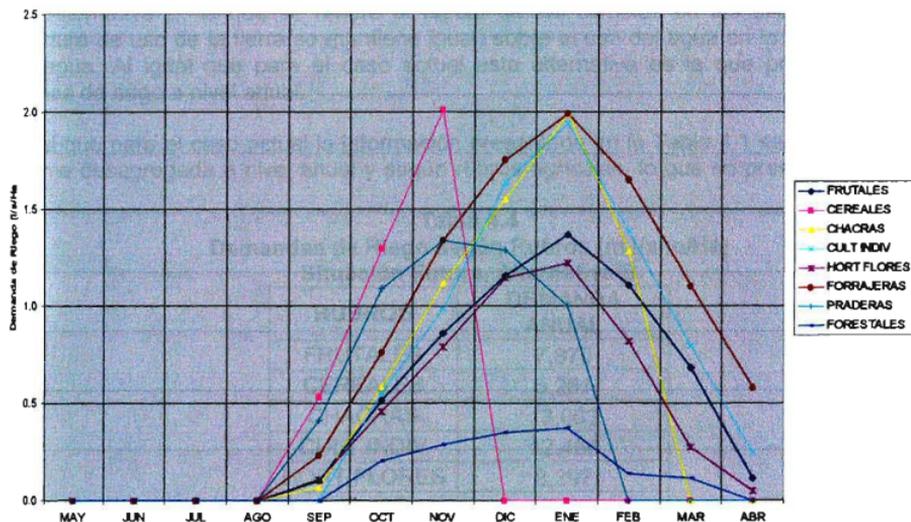
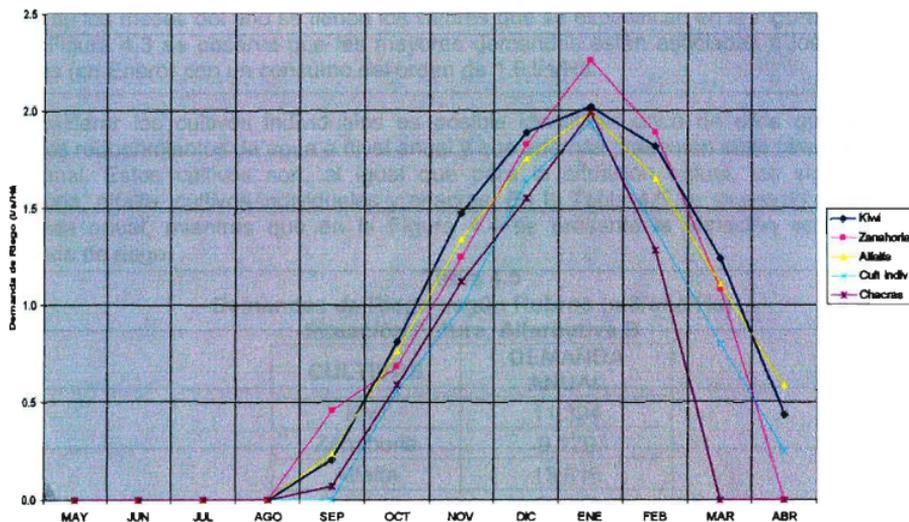


Figura 4.2
Variación Estacional de las Demandas de Riego por Cultivo (l/s/Há)
Situación Actual



4.3 Situación Futura

En el caso particular de la situación futura podemos concentrarnos en la información contenida en la Alternativa B, la que se refiere al efecto de los cambios en las eficiencias de riego (estructura de uso de la tierra se mantiene igual) sobre el uso del agua en la Sección 2 del río Aconcagua. Al igual que para el caso actual esta alternativa es la que presenta la mayor demanda de riego a nivel anual.

Al igual que para el caso actual la información presentada en la Tabla 4.1 se puede presentar en forma desagregada a nivel anual y según rubros agrícolas, lo que se presenta en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4
Demandas de Riego según Rubros (m³/año/Há)
Situación Futura, Alternativa B

RUBROS	DEMANDA ANUAL
FRUTALES	7.870
CEREALES	5.261
CHACRAS	13.663
CULT INDIV	12.406
HORT FLORES	8.297
FORRAJERAS	13.817
PRADERAS	12.433
FORESTALES	3.578

En la Tabla 4.4 es posible observar las demandas de riego para los rubros forrajeras, chacras y cultivos individuales, los que tienen los mayores valores anuales. Al considerar su variación a través de los meses del año se tienen los valores que se especifican en la Figura 4.3 en l/s/Há. En la Figura 4.3 se observa que las mayores demandas están asociadas a los cultivos de y chacras (en Enero) con un consumo del orden de 1.6 l/s/Há.

Al considerar los cultivos individuales es posible identificar cinco de ellos que poseen los mayores requerimientos de agua a nivel anual y que además presentan altas tasas de consumo estacional. Estos cultivos son, al igual que para la situación actual, los siguientes: kiwi, zanahoria, alfalfa, cultivos individuales y chacras. En la Tabla 4.5 se muestran los valores de demanda anual, mientras que en la Figura 4.4 se presenta la variación estacional de la demanda de riego.

Tabla 4.5
Demandas de Riego según Rubros (m³/año/Há)
Situación Futura, Alternativa B

CULTIVOS	DEMANDA ANUAL
Kiwi	11.394
Zanahoria	9.129
Alfalfa	13.816
Cult Indiv	12.415
Chacras	13.665

Figura 4.3
Variación Estacional de las Demandas de Riego por Rubro (l/s/Há)
Situación Futura, Alternativa B

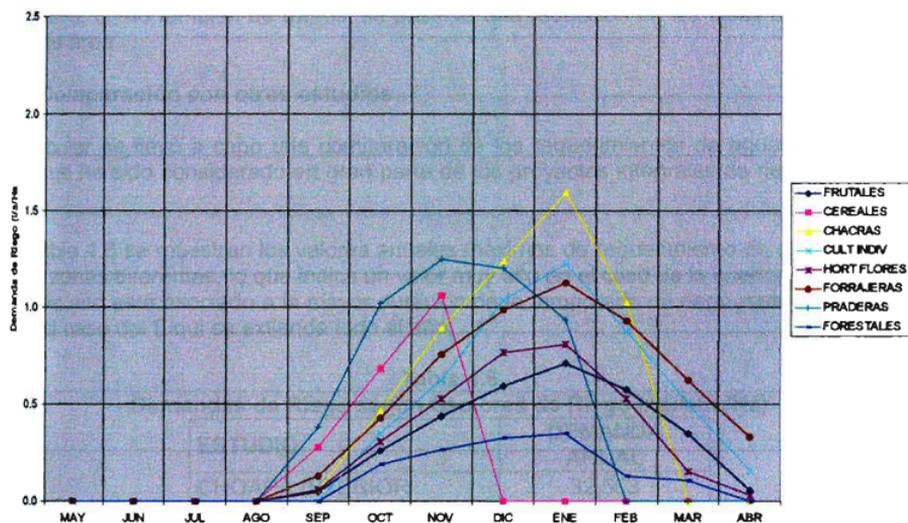
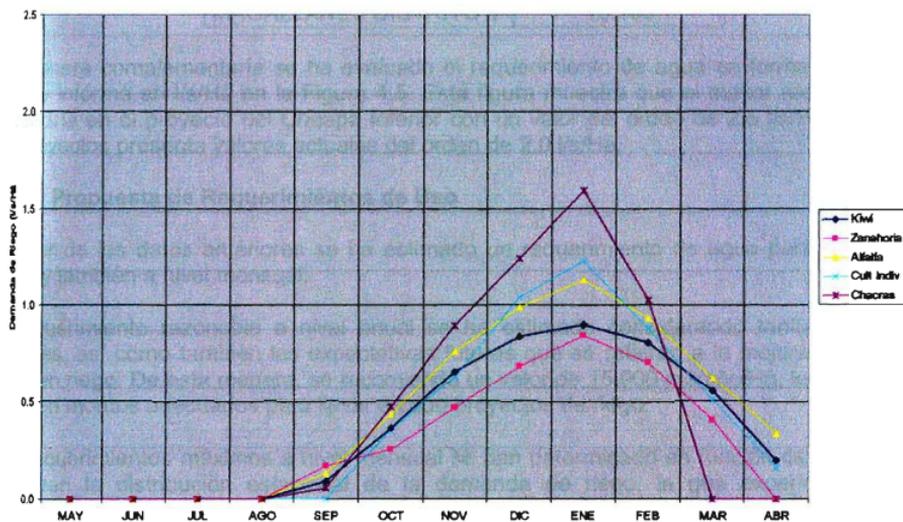


Figura 4.4
Variación Estacional de las Demandas de Riego por Cultivo
Situación Futura, Alternativa B



La información disponible indica una reducción de los consumos de agua en los escenarios futuros, lo que es razonable dado que se trata de optimizar el uso del recurso a través de una mejora de las eficiencias de riego y un mejor uso del terreno. Tanto a nivel de cultivos individuales, como también de rubros, se observa una reducción en las tasas de consumo por unidad de área.

4.4 Comparación con otros estudios

En particular se llevó a cabo una comparación de los requerimientos de agua para la alfalfa, cultivo que ha sido considerado en gran parte de los proyectos integrales de riego realizados a la fecha.

En la Tabla 4.6 se muestran los valores anuales máximos de requerimiento de agua para riego en siete zonas diferentes, lo que indica un valor muy alto en el caso de la cuenca del Elqui. Este valor más alto está asociado a la mayor duración de la temporada de riego para este cultivo, el que en el caso del Elqui se extiende todo el año.

Tabla 4.6
Demandas de Riego según Sectores de Riego (m³/año/Há)

ESTUDIO	DEMANDA ANUAL
CHOAPA INTERIOR	32.503
ELQUI ALTO	41.337
PUTAENDO ALTO	30.266
ACONCAGUA 2DA BAJA	24.395
MAIPO INF - CURACAVI	10.910
MATAQUITO TENO	6.634
MAGALLANES DISTRITO 1	18.163

De manera complementaria se ha evaluado el requerimiento de agua en forma estacional, lo que se informa en l/s/Há en la Figura 4.5. Esta figura muestra que el mayor requerimiento se produciría en el proyecto del Choapa Inferior con un valor del orden de 2.5 l/s/Há. El resto de los proyectos presenta valores actuales del orden de 2.0 l/s/Há.

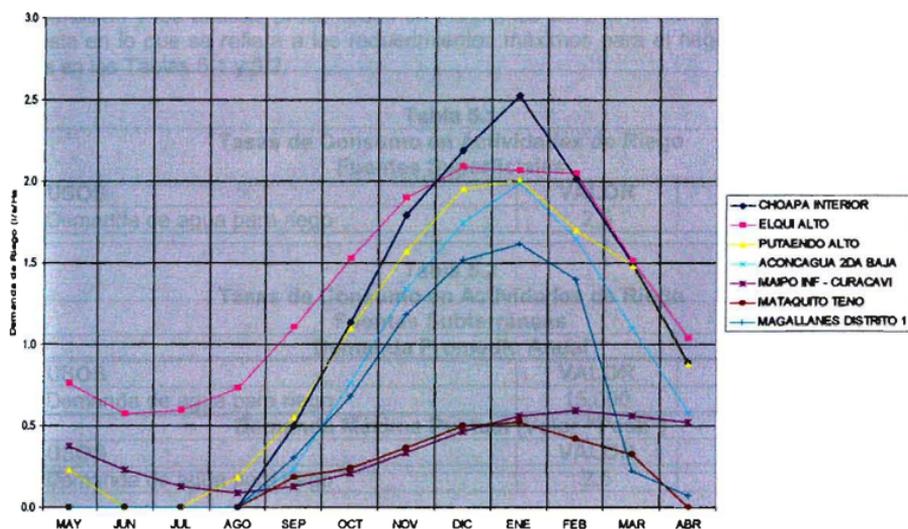
4.5 Propuesta de Requerimientos de Uso

A partir de los datos anteriores se ha estimado un requerimiento de agua para riego a nivel anual y también a nivel mensual.

El requerimiento razonable a nivel anual se ha estimado considerando tanto las prácticas actuales, así como también las expectativas futuras que se refieren a la mejora en el uso del agua en riego. De esta manera, se recomienda un valor de 15,000 m³/año/Há, lo que garantiza agua en montos adecuados para llevar a cabo proyectos de riego.

Los requerimientos máximos a nivel mensual se han determinado en función de los datos que muestran la distribución estacional de la demanda de riego, la que experimenta valores máximos durante la temporada de riego (Diciembre y Enero).

Figura 4.5
Variación Estacional de las Demandas de Riego por Rubro (l/s/Há)



En este sentido la información disponible permite definir valores máximos del orden de 2.5 l/s/Há, los que serían adecuados para proyectos que se realicen en el futuro.

5. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos para el riego. Esta propuesta se resume en las Tablas 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1
Tasas de Consumo en Actividades de Riego
Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2.5	l/s/Há

Tabla 5.2
Tasas de Consumo en Actividades de Riego
Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	15.000	m ³ /año/Há
Demanda Máxima Puntual (Valor "Peak")		
USOS	VALOR	UNIDAD
Demanda de agua para riego	2.5	l/s/Há

REFERENCIAS

- Estudio Integral de Riego. Proyecto Itata
- Estudio Integral de Riego. Cuenca del Rio Mataquito
- Estudio Integral de Riego del Valle del Elqui
- Estudio Integral de Riego de la Cuenca del Rio Maule
- Estudio Integral de Riego. Proyecto Choapa
- Estudio Integral de Riego de la 3ra Sección del Maipo y Valles de Yali, Alhué
- Estudio de Factibilidad de Riego de Valle de Putaendo
- Taller Nacional. Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos, Asociación Mundial de Agua. 2003.
- Ley 18.450 de Fomento de la Inversión Privada en Obras de Riego
- A New Era For Irrigation, Committee on the Future of Irrigation in the Face of Competing Demands. National Research Council, Washington, D.C., 1996.
- PROCIVIL. Plan Preliminar para el Aprovechamiento de los Recursos Hídricos del Rio Aconcagua. Primera Etapa. Confederación del Rio Aconcagua. 2000.

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN
REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA MINERIA

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA MINERÍA

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará, por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas".

Para definir los requerimientos de agua en el rubro Minería se llevó a cabo un análisis de antecedentes nacionales para lo cual se consideró la revisión de diversos documentos elaborados por organismos del sector minero, así como documentos de investigadores universitarios y consultores especialistas en esta área. En algunos casos se contó además con información internacional, la que se usó sólo con propósitos referenciales y de comparación. Una lista de las referencias utilizadas en este estudio se incluyen al final de este documento.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia nacionales. Debido a lo acotado de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado sólo información previamente procesada.

La información necesaria para definir los requerimientos de agua en el sector minero es diversa, encontrándose en general datos relacionados con el consumo de volúmenes de agua por tonelada de mineral bruto extraído o por tonelada de metal fino procesado. En algunos casos se dispone de información detallada de los consumos de agua por operación unitaria en cada proceso, mientras que en otros sistemas sólo se tiene información global sobre la cantidad de agua requerida en la actividad completa.

Finalmente se ha recurrido a la información de fuentes internacionales, lo que ha permitido contrastar los valores obtenidos de la revisión de antecedentes nacionales.

3. USO DEL AGUA EN MINERÍA METALICA

3.1 Aspectos Históricos

El diseño de los sistemas de suministro de agua es un aspecto de alta relevancia dentro de todo proyecto minero, debido principalmente a la gran cantidad de restricciones que debe enfrentar el estudio y desarrollo de tales diseños (Gamboa y Rayo, 1993). La escasez del recurso hídrico, la alta competencia técnica y legal para su uso (agrícola, potable, industrial y minero), las regulaciones en su consumo y las múltiples consideraciones relativas al impacto ambiental son los principales obstáculos que debe enfrentar el estudio de ingeniería para dotar de abastecimiento de agua a un proyecto minero.

La actividad minera constituye uno de los usuarios principales del recurso hídrico en nuestro país, lo que es especialmente cierto en la zona norte, donde cohabitan la actividad minera, agrícola y la demanda por agua potable para la población local.

La actividad minera, por su propia naturaleza, altera en forma significativa las características topográficas e hidrológicas de las áreas comprometidas: se mueven grandes volúmenes de material, se construye infraestructura vial, se instalan plantas de procesamiento y campamentos, tranques de relave, estanques y piscinas de almacenamiento de aguas y otras soluciones. Asimismo, se utilizan sustancias peligrosas para el beneficio de los minerales, el material removido es expuesto a condiciones diferentes a las naturales, lo que puede cambiar sus características químicas, generando soluciones contaminantes (AMPLSGM, 2002).

Debido a lo limitado del recurso agua, el diseño de los sistemas de suministro debe incluir consideraciones relativas a derechos de agua, aspectos hidrológicos de seguridad de abastecimiento, puntos de abastecimiento, volúmenes de reserva o almacenamiento para periodos de déficit, entre otros aspectos críticos. Tomando en cuenta lo anterior, la problemática de abastecimiento de agua en proyectos mineros ha sido resuelta en base a los siguientes conceptos (Gamboa y Rayo, 1993):

- Minimización de los consumos de agua fresca, considerando los mayores niveles de recirculación posibles.
- Utilización de recursos hidrológicos propios (aguas mina).
- Utilización, de ser factible, de recursos hídricos ilimitados (agua de mar), aunque signifique elevar aguas hasta alturas considerables
- Construcción de sistemas de almacenaje de aguas, que permitan regular y utilizar recursos hídricos eventuales (crecidas).
- Captación y bombeo de aguas subterráneas aún disponibles.

A principios del siglo XX, época en la cual la competencia por el recurso hídrico era mínima, las empresas mineras llegaron a considerar tasas de consumo de hasta 2.5 a 3.0 m³ de agua fresca por tonelada de mineral, sobretudo en procesos de molienda - flotación diferencial. Posteriormente, los fuertes incrementos de producción minera, así como los notables repuntes de la actividad agrícola e industrial, empezaron a crear una competencia técnica y legal

(derechos de aguas) por el recurso hídrico. Más aún, sequías extremas como la ocurrida entre los años 1966 a 1969, provocaron un impacto económico tan fuerte en la industria minera que ella empezó, en forma natural, a darle relevancia al recurso hídrico. Estos cambios en la industria minera se tradujeron en considerar la máxima recirculación de agua posible, contemplando el uso de espesadores para la recuperación de aguas de las colas y concentrados, así como la instalación de sistemas de recirculación de aguas desde los embalses de relaves. La situación anterior permitió reducir los consumos de agua fresca a valores entre 1.0 y 1.5 m³ de agua fresca por tonelada de mineral, en plantas de molineta - flotación o molineta - agitación.

Más recientemente, la introducción de tecnologías de lixiviación en pilas, tanto para cobre como oro-plata, ha permitido reducir aún más los consumos de agua fresca, a valores entre 0.4 y 0.7 m³ de agua fresca por tonelada de mineral. Finalmente, la tecnología de filtrado de colas, sobretodo en el caso de la lixiviación por agitación, permite reducir los consumos a valores comprendidos entre 0.3 y 0.5 m³ de agua fresca por tonelada de mineral.

Valores promedio de consumo de agua en actividades mineras en Chile se presentan en la Tabla 3.1

Tabla 3.1
Consumos Promedio de Agua en la Minería Nacional

Planta	Mineral Tratado	Consumo de Agua	Consumo Unitario	
	Ton	m ³ /día	m ³ /Ton mineral	lt/Kg Cu Fino
Concentradora	838.266	829.699	0.99	-
Hidrometalúrgica	830.224	235.288	0.28	
Otros	-	173.369	0.10	
Total	1.668.490	1.238.356	0.75	97.3

Fuente: AMPLSGM (2002)

3.2 Uso del Agua en Minería del Cobre

En la minería del cobre el agua se utiliza fundamentalmente en el proceso tradicional de concentración por flotación, seguido de fusión y electrorefinación, o en el proceso hidrometalúrgico el que consta de lixiviación, extracción por solventes y electroobtención. A continuación se analiza el uso del agua en cada una de las actividades de la minería.

El agua fresca que ingresa a los procesos compensa:

- Las pérdidas como evaporación, fugas, filtraciones, humedad de los residuos y agua contenida en las soluciones de descarte si hubieran;
- Los usos de la faena, como consumo humano, riego de caminos, humedad del producto y otras actividades que utilizan agua como materia prima y de las cuales no es posible recuperarla (perforación, supresión de polvo, etc.).
- Las descargas del sistema, cuya necesidad de tratamiento dependerá del uso al que se le destine y del proceso que las genera. Dentro del proceso productivo, el transporte de pulpas y/o relaves a gran distancia es una de las actividades que genera una cantidad importante

de descargas, debido en gran medida a la dificultad natural de recircular las aguas al resto del proceso.

3.2.1 Consumo Humano en Campamentos

El agua de consumo humano es para bebida, cocción, lavado, riego, y baños. Los datos disponibles indican que esta cantidad varía entre 130 y 200 litros por día por persona (Bechtel Chile - 1997 - citado por Lagos, 1997). Esta cantidad representa usualmente menos de 1.5% por ciento del agua consumida en una empresa minera. Este porcentaje varía bastante debido al diferente ámbito de actividades de las diversas empresas mineras. En empresas de gran dimensión, el consumo es usualmente más cercano o inferior a 1%.

3.2.2 Consumo en la Mina

El uso principal de agua en las minas de cielo abierto es en el riego de caminos con objeto de reducir el polvo en suspensión. Se trata, por ende, de consumo. En la minería subterránea, el consumo del agua es reducido y el problema consiste generalmente, al igual que en la minería de cielo abierto, en extraer el agua natural que se apoza en el fondo de los piques, la que puede provenir de lluvias o de afloramientos de las napas subterráneas.

Las cifras disponibles para minas inauguradas en la década de los 90s son cercanas a 5.4 a 5.8 m³/ton de cobre fino producido (Lefort - 1996 - citado por Lagos, 1997). Esta cifra es bastante más variable que lo indicado anteriormente ya que hay muchos factores que influyen en el abatimiento del polvo: superficies expuestas, morfología del terreno, precipitaciones anuales, vegetación natural, etc. Cifras disponibles indican que el agua utilizada en riego de caminos puede variar entre cero y el 15% del consumo total de agua de una faena minera. El consumo de 5.4 y 5.8 m³ por tonelada de cobre fino indicado más arriba corresponde aproximadamente a un 3% del consumo total por tonelada de cobre producida, considerando que la planta llega a producir cobre catódico. Si se considera una ley de mineral del 2% se obtiene un consumo en mina cercano a 0.12 m³ por tonelada de mineral tratado.

Información contenida en Rayo y otros (2002) indica que los consumos de agua en la operación minera oscilan entre 0.01 a 0.03 m³ por Tonelada de roca removida, lo que implica un consumo aproximado de 0.05 m³ de agua por Tonelada de mineral. De acuerdo al mismo informe no se esperan reducciones en estas cifras dado que ello significaría un menoscabo en la higiene ambiental en la operación minera y en las condiciones de seguridad de ellas.

3.2.3 Proceso de Concentración (Concentración - Fundición - Electrorefinación)

Este proceso se inicia en plantas que realizan el chancado y molienda del mineral, seguido por la flotación, clasificación y espesamiento. La alimentación de estas plantas consiste en el mineral proveniente de la mina, el que consiste en sulfuros de cobre y contiene usualmente entre 0.5 y 3.0 por ciento de cobre. Con frecuencia, el mineral es acondicionado previo a la molienda. Ello significa que se le agrega agua y algunos reactivos que son importantes en la flotación. En la flotación existe un exceso de agua, en relación al mineral, y se hace generalmente a un pH alcalino (10 a 11). Por tanto es necesario añadir algún reactivo, usualmente cal, para elevar el pH desde 7 que contiene el agua natural, hasta 10 o 11.

El producto de estas plantas es un concentrado (parte valiosa del mineral que flota durante el proceso de flotación), el que contiene entre 25 y 45 por ciento de cobre dependiendo de las especies de mineral involucrado (calcopirita, covelina, calcosina, óxidos, etc.). Por otro lado el desecho de estas plantas es el relave, el que consiste en el mineral que no flota y que es enviado a los tranques de relave. Las pérdidas de agua durante el procesamiento de minerales son variadas, debido a la complejidad de las plantas. Algunos mecanismos de pérdida de agua se indican a continuación:

- evaporación, especialmente en tranques de relave, espesadores y acopio de mineral y/o concentrado. La humedad del concentrado o de los minerales puede variar entre unos pocos por ciento hasta 15 o 20 por ciento, siendo lo usual cerca de 10 por ciento.
- infiltraciones producidas hacia las napas subterráneas pueden ser consideradas muchas veces como pérdidas ya que una parte considerable de esta agua queda absorbida en los suelos o se evapora. Sin embargo, una parte del agua puede ser recuperada de las napas.
- proceso de secado del concentrado previo a la fusión. El mineral debe ser alimentado a los hornos de fusión con la mínima cantidad de agua posible con objeto de aprovechar al máximo el combustible y las reacciones exotérmicas producidas durante la fusión. Si se considera una fundición de 100 mil toneladas de concentrado por año y de 10% de humedad, el agua que debe ser evaporada antes de la fusión es aproximadamente 0.3 metros cúbico por tonelada de cobre blister, aunque esta cifra puede variar dependiendo de la ley del concentrado y de las características de la fundición.

En general se puede afirmar que las plantas concentradoras de las grandes minas de cobre chilenas recuperan entre 30 y 84% del agua, dependiendo de las características específicas de los procesos. De los datos disponibles, el consumo de agua por tonelada de mineral tratado (mineral que ingresa a las plantas concentradoras) varía: 0.36 m³ (por tonelada seca) para el caso de Candelaria (Minería Chilena, No 186, 1996), 0.4 m³/ton después de la ampliación proyectada de Pelambres (Minería Chilena, No 185, 1996), 0.68 m³/ton en el caso de Minera Escondida (en 1995) (MEL, 1995), y aproximadamente 1.0 m³/ton en el caso de otras grandes instalaciones mineras (Lefort, 1996). En plantas concentradoras de tamaño mediano pequeño (>120 toneladas por día) hay cifras que sitúan el consumo entre 1.3 a 1.4 m³/ton de mineral, mientras que en plantas menores que 120 tpd en general no se recupera agua y el consumo puede llegar a 2.1 m³/ton (Luna, 1991).

A continuación, la fusión de concentrados se realiza con minerales sulfurados en diversos reactores y da origen al cobre blister o a ánodos. Una parte fundamental de la fusión es la recuperación del azufre contenido en el concentrado, el que durante la fusión se transforma en anhídrido sulfuroso, SO₂.

El consumo de agua en enfriamiento de gases puede variar considerablemente de una fundición a otra. Por ejemplo, una fundición que se encuentre cercana al mar puede utilizar en la casi totalidad del enfriamiento, agua de mar, devolviendo esta al mar una vez utilizada y asegurando que no se produzcan impactos ambientales de consideración debido al cambio de temperatura. Por otra parte se pueden utilizar intercambiadores de calor más eficientes en el enfriamiento, reduciendo de esta forma el consumo. También es posible utilizar más agua que la indicada anteriormente. Los otros procesos en que se usa parte importante del agua es en la producción de oxígeno, el que es necesario para hacer más eficiente las reacciones de fusión, y

el lavado de gases que se realiza en las plantas de ácido con objeto de remover los sólidos que vienen entrampados en los gases. Por los motivos anteriores se estima que el consumo de agua de una fundición de cobre puede variar entre 8 y 15 m³/tonelada de cobre blister.

El proceso de refinación electrolítica es el último de la vía tradicional de recuperación del cobre. Consiste en electrolizar los ánodos provenientes de la fundición con objeto de eliminar las impurezas, principalmente metálicas, que son del orden de 0.1 a 0.3 por ciento. El cobre depositado en los cátodos durante la electrorefinación debe tener una pureza superior al 99.99%. En la electrorefinación las pérdidas de agua se producen fundamentalmente debido a la evaporación y al descarte de soluciones. La primera ocurre en la parte superior de las celdas electrolíticas y está exacerbada debido a que la temperatura del electrolito es de aproximadamente 60°C. En la actualidad se utilizan pequeñas esferas plásticas que flotan sobre el electrolito y reducen la evaporación en forma muy sustancial. Se dispone de una cifra para una planta de electroobtención recién construida, y con respecto a la que no existen tantas variaciones. Esta cifra es de 0.25 m³ de agua por tonelada de cobre producido (Fluor Daniel – 1997 – citado por Lagos, 1997).

La Figura 3.1 muestra la distribución del consumo en el proceso de concentración, fusión y electrorefinación para el caso de dos empresas con consumos unitarios de 40 y 175 m³ de agua por tonelada de cobre fino producido. En ambos casos este cálculo se hizo para un mineral de 1.62% de ley (Lagos y Andia, 2000).

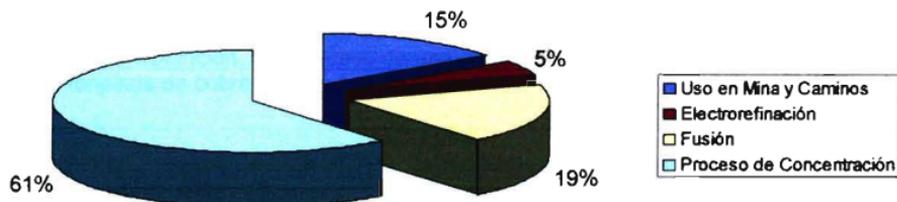
3.2.4 Proceso Hidrometalúrgico

El proceso de lixiviación - extracción por solventes - electroobtención se utiliza desde la década de los 60 para la recuperación de cobre a partir de minerales oxidados de cobre, y desde la década de los 80 para la recuperación de algunos sulfuros secundarios, principalmente la calcosina.

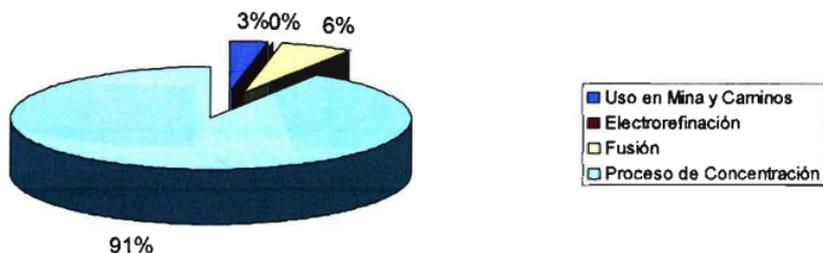
Durante los 90, este proceso se ha aplicado en un creciente número de minas debido a su bajo costo de operación, comparado con el proceso tradicional. El proceso consiste básicamente en que el mineral extraído de la mina es chancado y posteriormente aglomerado con objeto de que cuando se construyen las pilas de lixiviación, la solución lixivante pueda percolar y entrar en contacto con las diversas partículas que contienen mineral. Durante la aglomeración el mineral se contacta con una solución que contiene ácido sulfúrico con objeto de comenzar el proceso de disolución del cobre.

Con posterioridad a la aglomeración el mineral, que contiene aproximadamente un 10% de humedad, se acopia en pilas de unos pocos metros de altura (dos a diez metros), dependiendo de las características del mineral y del lugar, y se riega la superficie superior con una solución ácida. Dicha solución percola al interior de la pila y junto al oxígeno produce la oxidación de los óxidos y sulfuros secundarios de cobre. Este proceso se puede acelerar con la inclusión de otros agentes oxidantes tales como ion férrico, y/o bacterias.

Figura 3.1
Uso de Agua en Proceso de Concentración (Tasa Mínimas y Máximas en Chile)
40 m³/Ton Cu Fino



175 m³/Ton Cu Fino



Fuente: Modificado de Lagos y Andía (2000)

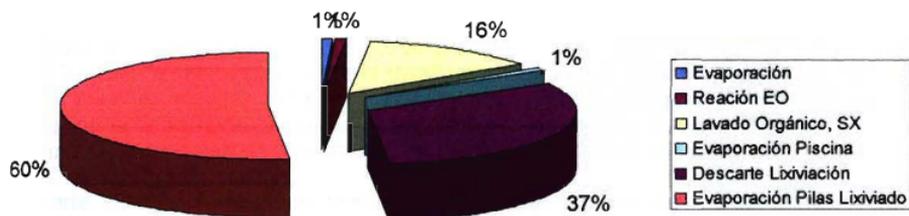
Las pilas de lixiviación se construyen sobre una superficie impermeabilizada con objeto de recuperar la totalidad de las soluciones y también de evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. La solución recuperada en la parte inferior de las pilas contiene una pequeña concentración (1 a 3 g/l) de cobre, y previo a recuperar este mediante electroobtención, es preciso elevar su concentración en la solución. Ello se hace mediante el proceso de extracción por solventes (SX), el que consiste en la extracción del cobre de la fase acuosa a una fase orgánica y posteriormente la re-extracción del cobre desde la fase orgánica cargada con cobre a una nueva fase acuosa. La concentración del cobre en esta nueva fase acuosa, al cabo del proceso de extracción por solventes, es de aproximadamente 40 g/l. Esta solución denominada fase cargada, se alimenta a la planta de electroobtención.

Una vez que la solución proveniente de la lixiviación es descargada de cobre mediante extracción por solventes (SX), se reacondiciona su pH, el que ha variado, y se reutiliza en el riego de las pilas. En definitiva y al cabo de algunos ciclos, la solución preñada contiene bastantes impurezas que han sido incorporadas mediante la disolución de las pilas. La forma de descartar estas soluciones es agregarlas a una pila de la que ya se extrajo todo el cobre presupuestado y dejarla ahí. Como la base de estas pilas es impermeable, el destino de la solución de descarte es la evaporación. Las impurezas quedan atrapadas en la pila de descarte la que se denomina ripio.

Por último, la solución cargada con cobre que ingresa a la planta de electroobtención, previo filtrado para eliminar impurezas sólidas, es sometida a electrólisis, generándose oxígeno en el ánodo, constituido a partir de una aleación de plomo, y cobre metálico en el cátodo. El producto de la planta de electroobtención es cobre de alta pureza, el que es vendido de acuerdo a contratos realizados en alguna de las bolsas de metales existentes a nivel internacional.

La Figura 3.2 muestra la distribución del consumo en el proceso de Lixiviación - Extracción por Solvente - Electro Obtención, para el caso de una empresa con un consumo unitario de 32 m³ de agua por tonelada de cobre fino producido.

Figura 3.2
Uso de Agua en Proceso de Lixiviación - Extracción por Solvente - Electro Obtención
32 m³/Ton Cu Fino



Fuente: Modificado de Lagos y Andía (2000)

3.3 Análisis de la Información Disponible

Para determinar las tasas de consumo de agua en la actividad minera se ha complementado la revisión de antecedentes históricos con la incorporación de datos disponibles de empresas mineras actualmente en funcionamiento. La gran mayoría de estos datos se refieren a minería del cobre, aún cuando existe información limitada de actividades de extracción y procesamiento de oro, plata y hierro.

Para uniformar el análisis de esta información es conveniente establecer indicadores de eficiencia, cuyo objetivo es conocer el estado del arte del recurso en la empresa y contar con una herramienta cuantitativa y fácilmente comparable, que permita evaluar el desempeño con respecto a otras faenas o frente a innovaciones tecnológicas o de gestión de la misma empresa:

- **Consumo de Agua Fresca o de Reposición:** Cantidad de agua fresca necesaria para procesar una tonelada de mineral (m³ de agua por tonelada de mineral tratado y m³ de agua por tonelada de concentrado tratado, según corresponda) o para obtener un kilo de cobre fino (litro de agua por kilogramo de Cu Fino). El agua fresca cubre las pérdidas producidas a través de los procesos.
- **Consumo de Agua Total:** Cantidad de agua total necesaria para procesar una tonelada de mineral (m³ de agua por tonelada de mineral tratado y m³ de agua por tonelada de

concentrado tratado, según corresponda) o para obtener un kilo de cobre fino (litro de agua por kilogramo de Cu Fino). El agua total es aquella necesaria para mantener a régimen el proceso productivo

- **Tasa de Recirculación:** $((\text{Agua Total} - \text{Agua Fresca}) / \text{Agua Total} * 100)\%$. Considerando la dificultad de medir con exactitud todas las aguas recirculadas en las diferentes etapas y procesos, la fórmula presentada corresponde a un método sencillo de aproximación para obtener el valor de referencia buscado, sin perjuicio de la posibilidad que tienen algunas empresas de medir todos los flujos del proceso y obtener el valor real.

Información resumida de los consumos de agua en la actividad minera se presenta en la Tabla 3.2 Esta tabla incluye la información específica de la minería de cobre indicando la región, la empresa u operación minera, la producción de cobre anual y las tasas de consumo de agua fresca utilizada en los procesos de flotación y lixiviación. Información más completa se presenta en el Anexo Minería

La información contenida en la Tabla 3.2 se presenta resumida en las Figuras 3.3 y 3.4. La Figura 3.3 presenta información sobre la distribución geográfica de la producción de Cobre en empresas mineras situadas entre la I y VI Regiones. En esta figura se observa que las empresas de la zona norte tienen un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, lo que se traduce en una menor tasa de consumo de agua fresca por tonelada de mineral.

Por su parte, la Figura 3.4 muestra la distribución geográfica de las tasas de consumo de agua fresca en cada una de las empresas indicadas. En la misma figura se muestran los consumos de agua en los procesos de flotación y de lixiviación

La información que se presenta en la Tabla 3.2 permite analizar en forma separada los consumos de agua en procesos de concentración por flotación y por hidrometalurgia o lixiviación. Esta información se presenta resumida en las Figuras 3.5 y 3.6 para concentración e hidrometalurgia, respectivamente. Estas figuras muestran claramente una diferenciación entre ambos tipos de procesos, en lo que respecta al consumo de agua fresca.

Información complementaria a la anterior se presenta en el informe de Rayo y otros (2002) realizado en el contexto del Acuerdo Marco de Producción Limpia entre el Gobierno de Chile y el Consejo Minero. Los datos que se presentan en dicho estudio, los que sin embargo no identifican directamente cada una de las faenas mineras, señalan en forma clara una tendencia a mejorar la eficiencia del uso del agua, lo que se traduce en una reducción progresiva del consumo unitario de agua en los procesos mineros. Así por ejemplo se señala el caso de la División Chuquibambilla de CODELCO, la que disminuyó de un consumo de 0.77 en 1989, a 0.56 m³ por Tonelada de mineral procesado en el año 2000. Esta reducción se muestra gráficamente en la Figura 3.7.

Figura 3.3
Distribución Geográfica Producción de Cobre y Consumo de Agua Fresca

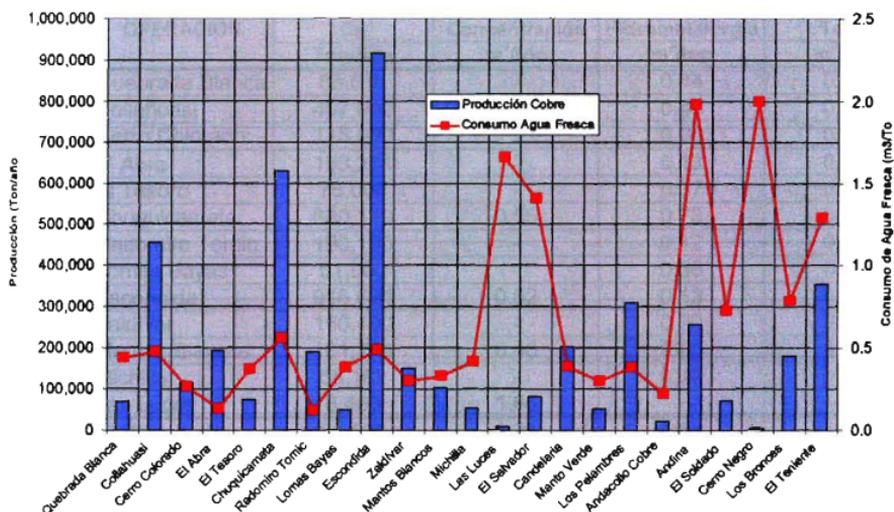


Figura 3.4
Distribución Geográfica de las Tasas de Consumo de Agua Fresca

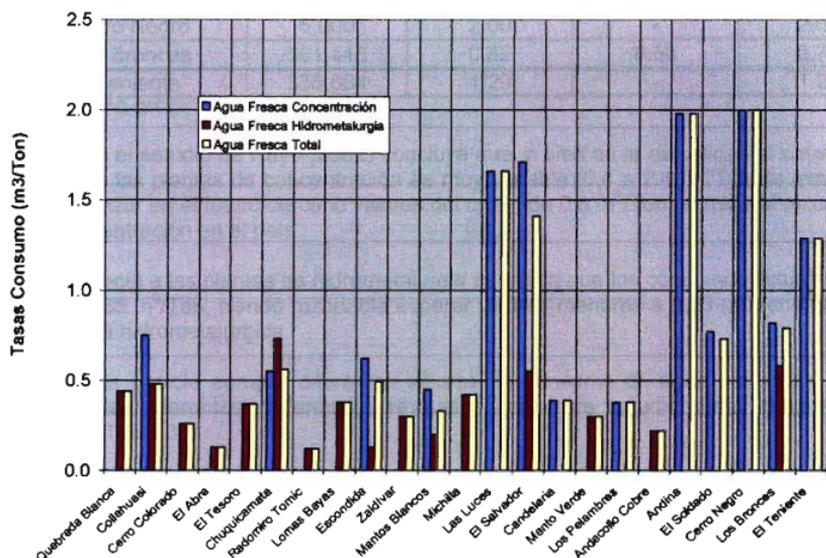


Tabla 3.2
Consumos de Agua Fresca en Minería del Cobre

REGION	OPERACIÓN	PRODUCCION	AGUA FRESCA	AGUA FRESCA	AGUA FRESCA
		Cu	Concentración	Hidrometalurgia	Total
		Ton/Año	m ³ /ton	m ³ /ton	m ³ /ton
I	Quebrada Blanca	68,615	-	0.44	0.44
	Collahuasi	457,000	0.75	0.48	0.48
	Cerro Colorado	115,000		0.26	0.26
II	El Abra	193,274	-	0.13	0.13
	El Tesoro	75,000	-	0.37	0.37
	Chuquicamata	630,119	0.55	0.73	0.56
	Radomiro Tomic	190,100	-	0.12	0.12
	Lomas Bayas	51,000	-	0.38	0.38
	Escondida	916,624	0.62	0.13	0.49
	Zaldívar	150,400	-	0.30	0.30
	Mantos Blancos	101,746	0.45	0.20	0.33
	Michilla	55,162	-	0.42	0.42
Las Luces	8,400	1.66	-	1.66	
III	El Salvador	80,538	1.71	0.55	1.41
	Candelaria	203,900	0.39	-	0.39
	Manto Verde	53,608	-	0.30	0.30
IV	Los Pelambres	310,000	0.38		0.38
	Andacollo	22,029	-	0.22	0.22
V	Andina	257,970	1.98	-	1.98
	El Soldado	72,529	0.77	-	0.73
	Cerro Negro	5,000	2.00	-	2.00
RM	Los Bronces	181,448	0.82	0.58	0.79
VI	El Teniente	355,664	1.29	-	1.29

Fuente: GWP SAIMTAC (2003)

Adicionalmente el estudio de Rayo (2002) concluye que si bien en la actualidad el consumo de agua fresca en las plantas de concentración es muy variable (0.4 a 2.4 m³/Ton de mineral) es razonable alcanzar en el futuro cercano valores del orden de 0.5 m³/Ton de mineral en cualquier planta de concentración en el país.

En lo que respecta a las plantas de hidrometalurgia se indica que los consumos actuales varían entre 0.12 y 0.35 m³/Ton, siendo razonable esperar valores menores a 0.25 m³/Ton mineral en cualquier planta hidrometalúrgica.

En resumen, es posible agrupar diferentes valores de consumo de agua actual, los que se presentan en las diferentes referencias revisadas para este estudio. Esta información se presenta en la Tabla 3.3.

Figura 3.5

Distribución Geográfica de las Tasas de Consumo de Agua Fresca en Concentración

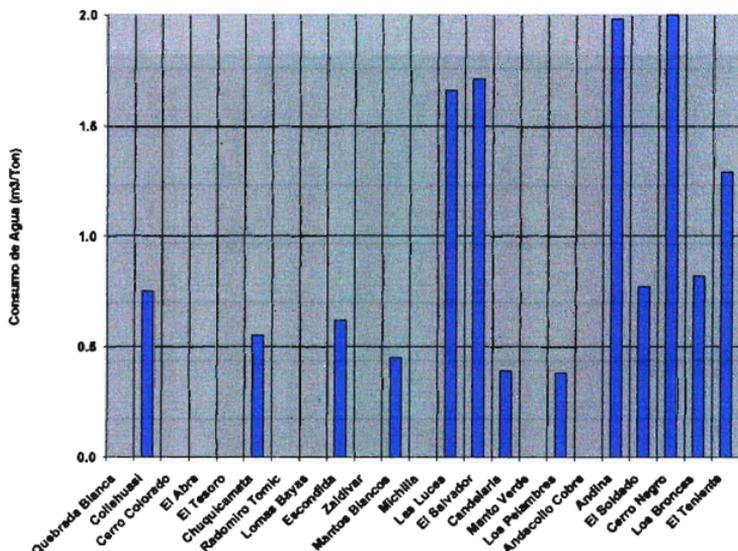


Figura 3.6

Distribución Geográfica de las Tasas de Consumo de Agua Fresca en Hidrometalurgia

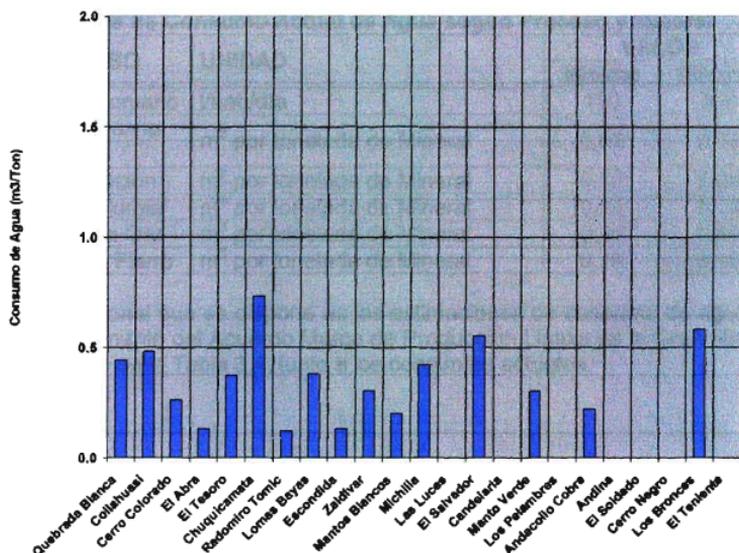


Figura 3.7
Evolución Tasas de Consumo de Agua Fresca en Concentración.
División Chuquicamata. CODELCO.

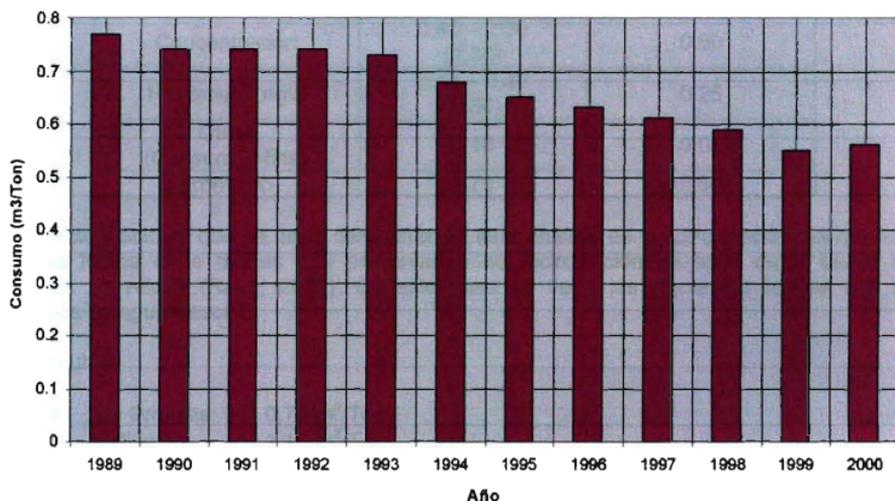


Tabla 3.3
Rangos de Consumo Actual de Agua según Proceso y Mineral

PROCESO	UNIDAD	VALOR	
		Mínimo	Máximo
Consumo Humano	l/hab/día	130	200
Consumo en la Mina	m ³ por tonelada de Mineral	0.05	0.12
Concentración	m ³ por tonelada de Mineral	0.13	2.20
Hidrometalurgia	m ³ por tonelada de Mineral	0.13	0.73
Proceso de Oro	m ³ por tonelada de Mineral	0.25	0.60
Proceso de Fierro	m ³ por tonelada de Mineral	0.16	0.16

Un antecedente adicional que se dispone es las estimaciones de consumo de agua futuro que se realizó en el documento del Acuerdo Marco de Producción Limpia de la Gran Minería, el que se presenta resumido en la Tabla 3.4, junto a los consumos actuales.

Tabla 3.4
Consumo de Agua Fresca a Nivel Nacional: Actual y Esperado

Proceso	Consumo Actual	Meta Propuesta
	m ³ /Ton mineral	m ³ /Ton mineral
Concentración	0.40 – 2.30 (1.10)	0.60
Hidrometalurgia	0.15 – 0.40 (0.30)	0.25
Otros (Consumo Mina)	0.10	0.05
Promedio	0.75	0.50

Un aspecto adicional que se debe considerar en este análisis es la comparación del consumo de agua fresca entre faenas que presentan o no recirculación de agua dulce desde sus depósitos de relave (Rayo, 2002). En este caso se tiene las siguientes faenas con sus consumos de agua fresca:

No recirculan

- Los Bronces: 0.75 m³/Ton
- Andina: 1.10 m³/Ton
- Teniente: 0.90 m³/Ton
- Salvador: 1.80 m³/Ton

Recirculan

- Chuquicamata: 0.60 m³/Ton
- Collahuasi: 0.65 m³/Ton
- Candelaria: 0.40 m³/Ton

Considerando los valores medios de ambos sectores, las empresas que recirculan presentan un consumo de agua de 0.55 m³/Ton, valor inferior al promedio de 0.92 m³/Ton para las empresas que no recirculan agua desde sus depósitos de relave.

3.4 Información Disponible para Mediana Minería

Actualmente en nuestro país, no existe una clasificación establecida o comúnmente aceptada acerca de la magnitud de las faenas mineras. Dado el complejo universo que la minería significa en nuestro país, tradicionalmente se ha separado en tres áreas: Gran Minería, Mediana Minería y Pequeña Minería. Dentro de esta última se incluye la Minería Artesanal asociada a los "pirquineros".

Analizando la información existente, existen varias propuestas sobre clasificación de la actividad minera. Por ejemplo, el SERNAGEOMIN ha separado las tres clasificaciones básicas en base al número de trabajadores que posee la empresa. Desde el punto de vista operacional y de los insumos necesarios para la producción (consumo de agua fresca, materiales, explosivos y otros), es recomendable utilizar la clasificación propuesta por el Instituto de

Ingenieros de Minas de Chile, la cual se basa en la capacidad productiva de la faena, es decir, mineral procesado en planta. Esta clasificación se incluye en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5
Clasificación de la Minería en Chile

CLASIFICACION	Capacidad de Proceso		
	Toneladas/año	Toneladas/mes	Toneladas/día
Pequeña Minería	< 100.000	< 8.300	< 270
Mediana Minería	100.000 a 3.000.000	8.300 a 250.000	270 a 8.000
Gran Minería	> 3.000.000	> 250.000	> 8.000

Otras características de la Mediana Minería:

- Producen concentrado de cobre y/u oro, precipitados o cátodos de cobre.
- Su producción equivalente de cobre fino es menor a 50.000 - 60.000 por año.
- Sus ventas anuales están entre 5 y 40 MMUS\$.
- En su gran mayoría vende sus productos a ENAMI, en un sistema de contratos.

Información específica proporcionada por la División de Planificación y Desarrollo del Ministerio de Minería respecto a faenas mineras asociadas a la mediana minería y el uso de agua en estas faenas se presenta en la Tabla 3.6. En este caso particular se presentan datos de faenas ubicadas entre la I y XI Regiones, las que incluyen sólo una faena con un proceso de Lixiviación, mientras que las otras usan un sistema tradicional de flotación.

Tabla 3.6
Uso de Agua en Mediana Minería

EMPRESA	REGION	TIPO DE PROCESO	CAPACIDAD DE PROCESO	CONSUMO DE AGUA	OBSERVAC.	TASA
			(TPD)	(l/s)		(m ³ /Ton)
Soledad	II	Flotación	600	10.0		1.44
Las Luces	II	Flotación	1667	32.0		1.66
Atacama Kozan	III	Flotación	6000	66.0	SR	0.95
				47.0	CR	0.68
Dos Amigos	III	LIX-SX-EW	3000	15.0		0.43
Talcuna	IV	Flotación	1100	16.0		1.26
Los Pingos	IV	Flotación	450	7.0		1.34
CM San Gerónimo	IV	Flotación	900	15.0		1.44
Las Cenizas	V	Flotación	2200	40.7		1.60
C° Negro	V	Flotación	1400	32.4		2.00
CM Cerro Bayo (Fachinal)	XI	Flotación	1650	36.0		1.89

SR SIN RECIRCULACION
 CR CON RECIRCULACION

Los datos disponibles en la Tabla 3.6 indican que las tasa de uso de agua es superior a la correspondiente a la Gran Minería, la que se presenta en la Tabla 3.2. En este caso se observa un rango de consumo entre 0.43 y 2.00 m³/Ton.

4. USO DEL AGUA EN MINERÍA NO METALICA

4.1 Aspectos Históricos

Las rocas y minerales industriales (RMI) en Chile están representadas por unas 46 sustancias correspondientes a rocas, minerales, sales y sedimentos, de las cuales 39 son explotadas en forma permanente o esporádica y utilizadas, debido a sus propiedades físicas y químicas, como materia prima y aditivos, en la industria química y manufacturera, la construcción, la minería-metalurgia y la agroindustria (Gajardo et al, 2002)

Desde el punto de vista de su características geográficas, de la ubicación geológica de sus RMI y de la distribución de su población, Chile puede ser dividido en tres grandes zonas principales:

- La zona norte, integrada por las Regiones I y II y noreste de la III, con una densidad poblacional de 4,5 habitantes/Km² (INE, 1998), donde se explotan las RMI de depósitos salinos: nitratos, yodo, sulfato de sodio, cloruro de litio, cloruro de potasio, boratos y sal común, principalmente por empresas del sector químico-industrial, además de diatomita y bentonita para la agroindustria (Gajardo, 2000).
- La zona centro-norte que comprende las Regiones III, IV y V, con una densidad poblacional de 17,84 hab/Km² (INE, 1998), donde se explotan parte importante de las RMI destinadas a las empresas de los sectores manufacturero, químico y agroindustrial: carbonato de calcio blanco, coquina, baritina, caolín, pirofilita, feldespato, cuarzo, apatita, fosforita y dolomita. Asimismo, es importante productora de recursos para la construcción y la minería-metalurgia, produciendo el 35,5% de las calizas del país y el 25,5% del cuarzo (Gajardo, 2000).
- La zona centro-sur que comprende las Regiones Metropolitana a X, con una densidad poblacional de 66,5 hab/Km² (INE, 1998). En esta porción del país existen y se explotan, las más importantes RMI que abastecen las industrias del sector construcción y manufacturero relacionado, así como de los sectores minero-metalúrgico y químico: ándos, arcilla común, arcilla plástica, caliza, yeso, pumicita, tobas, caolín, feldespato, cuarzo, arena silicea, arcilla bauxítica. En ella se concentra sobre el 90% de la producción de ándos del país; el 40% de la producción de caliza y el 39% de la producción de cuarzo, para construcción y minería-metalurgia, sobre el 80% de la producción de arcilla común para cerámica roja; el 100% de la producción de arcillas plásticas para cerámica blanca y de arenas silíceas para fabricación de vidrio; el 90% del caolín para construcción e industria manufacturera; el 80% de la puzolana y el 90% del yeso, destinados a construcción (Gajardo, 2000).

4.2 Uso del Agua en Minería no Metálica

Información sobre uso de agua en minería no metálica ha sido obtenida directamente en regiones por parte de las oficinas regionales de la Dirección General de Aguas

En el caso de la Primera Región se dispone de información sobre el consumo de agua en tres empresas dedicadas a la producción de yodo. Estos datos se obtuvieron de información de consumos de agua proporcionados por la DGA y datos de producción suministrados por SERNAGEOMIN. Los datos disponibles se resumen en la Tabla 4.1

Tabla 4.1
Consumo de Agua en Producción de Yodo (m³ por Tonelada de Yodo Producido)

EMPRESA	CONSUMO
SOQUIMICH	1.430
MINERA ACF	664
MINERA DSM	698

Fuente: Comunicación Personal Orlando Acosta (2005)

Otra información recopilada por la DGA en la Primera Región se refiere al uso de agua por material a tratar (caliche). Las estimaciones propias de las empresas indican del orden de 1 a 2 m³ por tonelada de caliche, lo que en general parece muy elevado. Se sugiere un valor menor del orden de 1 m³ por tonelada de caliche.

En el caso de la Segunda Región se dispone de información recopilada a nivel regional, lo que indica que la producción en minería no metálica se orienta principalmente a productos como nitratos, yodo, carbonato de litio, cloruro de potasio, sulfuro de potasio y ácido bórico. La Tabla 4.2 resume las producciones anuales de estos elementos durante el año 2003, mientras que la Figura 4.1 presenta los pozos ubicados en la II Región, asociados a la minería no metálica.

Tabla 4.2
Productores de Minería No Metálica en Segunda Región

Producto	Productores	Producción Anual (toneladas)
Nitratos	SQM Nitratos S.A., PCS Yumbes	1,133,921
Yodo	SQM Químicos S.A., Atacama Minerals Chile S.C.M.	8,207
Carbonato de Litio	SQM Salar S.A, Sociedad Chilena de Litio	41,667
Cloruro de Potasio (*)	SQM Salar S.A, Sociedad Chilena de Litio	764,065
Sulfato de Potasio (*), (**)	SQM Salar S.A	157,174
Ácido Bórico (*), (**)	SQM Salar S.A	8,690

(*) En estricto rigor, aparecen en anuario, como subproductos del Carbonato de Litio

(**) En anuario se indica también a Sociedad Chilena de Litio como productor,

información de SEIA, y telefónica, establecen que ello no es así, en la actualidad

La faena de la Sociedad Chilena de Litio Ltda., ubicada en el Salar de Atacama produce Cloruro de Potasio y Salmuera rica en Litio. Su sistema de explotación y beneficio incluye la extracción de salmuera desde el Salar, disposición en pozas de evaporación solar, obtención de silvinita y carnalita. Posteriormente se envía a una planta de proceso para obtención de Cloruro de Potasio, que incluye lixiviación; la salmuera final, con una concentración de 6% de Litio se envía a planta química en la negra para la producción de Carbonato de Litio.

La faena de SQM Salar S.A., ubicada en Salar de Atacama, produce Cloruro de Potasio, Salmuera Rica en Litio, Sulfato de Potasio y Ácido Bórico. El sistema de explotación y beneficio se inicia con la extracción de salmuera desde el Salar, la disposición en pozas de evaporación solar, obtención de silvinita y carnalita. Finalmente se incorpora la lixiviación para producir Cloruro de Potasio.

Figura 4.1
Pozos en II Región asociados a Minería No Metálica



La faena de SOM S A en Pedro de Valdivia, Coya Sur y Maria Elena produce Nitrato de Sodio (Na NO_3), Nitrato de Potasio (K NO_3) y Yodo. El sistema de explotación y beneficio comienza con la explotación de zonas calicheras (remoción de sobrecarga, arranque del estrato mineralizado), carguo y transporte del mineral, chancado primario, secundario y terciario; lixiviación

La producción de Atacama Minerals en sector Aguas Blancas se especializa en Yodo, con un sistema de explotación y beneficio que incluye la explotación de zonas calicheras, el chancado del material seguido por la lixiviación

Con la información existente se puede determinar la cantidad de agua utilizada durante el 2003, para cada producto, con las limitaciones u observaciones que se indican en la Tabla 4.3

Tabla 4.3
Consumo de Agua por Unidad de Producción

Producto	Cantidad de Agua (m ³ /tonelada producida)	Observaciones
Nitratos	5.2	Muy aproximado, se considera consumo de agua de PCS Yumbes como muy menor
Carbonato de Lito	10.0	No se tiene información del proceso de producción de Sociedad Chilena de Lito.
Salmuera Rica en Lito		Agua necesaria para producir 1 tonelada de producto, cuya composición porcentual es 82% Cloruro de Potasio, 17% Sulfato de Potasio y 1% ácido bórico, más una cantidad no determinada de salmuera rica en lito
Cloruro de Potasio		
Sulfato de Potasio	2.8	
Ácido Bórico		

Fuente: DGA (2003)

5. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos para la actividad minera. Esta propuesta se resume en las Tablas 5.1, 5.2, 5.3, y 5.4.

Tabla 5.1
Tasas de Consumo en Actividades Mineras Metálicas

USOS	VALOR	UNIDAD
Consumo en la Mina	0.10	m ³ por Tonelada de Mineral
Concentración	0.80	m ³ por Tonelada de Mineral
Hidrometalurgia	0.40	m ³ por Tonelada de Mineral
Proceso de Oro	0.50	m ³ por Tonelada de Mineral
Proceso de Fierro	0.20	m ³ por Tonelada de Mineral
Minería de Cobre (< 8,000 Toneladas por día)	2.00	m ³ por Tonelada de Mineral

Nota: Estos valores pueden aumentar en un 50% si se debe transportar el mineral lejos para su procesamiento y no se dispone de recirculación de esta agua.

Tabla 5.2
Tasas de Consumo en Actividades Mineras No Metálicas

USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Nitrato	10.0	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Carbonato de Litio	20.0	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Yodo	1.400	m ³ por Tonelada Producida
Producción de Yodo	2.0	m ³ por Tonelada de Caliche

Tabla 5.3
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Superficiales

USOS	VALOR	UNIDAD
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

Tabla 5.4
Dotación de Producción para Sistemas de Agua Potable
Fuentes Subterráneas

Demanda Promedio Anual		
USOS	VALOR	UNIDAD
Campamentos o faenas productivas	79	m ³ /año/hab
Demanda Máxima Puntual (Valor "Peak")		
USOS	VALOR	UNIDAD
Campamentos o faenas productivas	2.5	l/s/1000 hab

6. REFERENCIAS

- GWP-SAMTAC. Hacia un Plan Nacional de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Taller Nacional Chile. 2003.
- Andía M y G. Lagos. Aprovechamiento de Aguas de Relaves en la Agricultura. Informe de proyecto. Centro de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 1996.
- Lefort L. 1996. Memoria de Titulación de Ingeniería Civil Industrial con Mención en Mecánica. Pontificia Universidad Católica de Chile, 1997.
- Luna R. Metodología para el establecimiento de normas para efluentes metalúrgicos en hoya hidrográfica de Copiapó. memoria para optar al Título de Ingeniero Civil de Minas. Universidad de Chile, 1991.
- Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería. Uso Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas. 2002.
- Juan Rayo Ingeniería. Acuerdo Marco de Producción Limpia Sector Gran Minería. Uso Eficiente de Aguas en la Industria Minera y Buenas Prácticas. 2002.
- Lagos, G. Eficiencia del Uso del Agua en la Minería del Cobre. Seminario CEP sobre Gestión del Agua en la Minería. 1997.
- Gamboa, D. y J. Rayo. Tendencias Recientes de Abastecimiento de Aguas para Proyectos Mineros. Congreso Internacional de Ingeniería de Minas. 1993.
- Lagos, G y M. Andía. Análisis de Sensibilidad del Valor del EDRC. 2000.
- Environment Australia. Energy Efficiency. 2002.
- CH2M HILL. Water Use in Industries of the Future. Mining Industry. 2003.
- DGA II Región. Minuta 04/2005. Cantidad de agua empleada en minería no metálica II Región de Antofagasta. 2005.
- DGA I Región. Orlando Acosta. Comunicación personal. 2005.
- Gajardo, A., R. Carrasco, y J.L. Mendoza. Las rocas y minerales industriales y el ordenamiento territorial: Un desafío para Chile en el Siglo XXI. Simposio Internacional Geología Ambiental para Planificación del Uso del Territorio. 2002.

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN

REQUERIMIENTO DE AGUA PARA LA INDUSTRIA

DOCUMENTO DE DISCUSION DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTO DE AGUA PARA LA INDUSTRIA

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas".

Para obtener información relevante sobre consumos de agua para el rubro industrial se llevó a cabo una recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, basándose en publicaciones diversas encontradas en libros técnicos y en diferentes sitios de Internet dedicados al estudio del uso eficiente del agua y a estadísticas relacionadas con su uso industrial. Lo anterior permitió estimar en algunos casos rangos para los requerimientos de agua en diferentes usos industriales y en otros sólo se pudo encontrar valores individuales que serán utilizados para generar las recomendaciones correspondientes.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector industrial es la dotación de producción, la que corresponde al requerimiento de agua por unidad de producto elaborado o, en algunos casos, por unidad de materia prima utilizada en la elaboración del producto final.

En este caso se han clasificado las industrias de acuerdo a la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), la cuál permite diferenciar el tipo de industria mediante un número que identifica el rubro al cuál pertenece. El código CIIU corresponde a un número o código de identificación de las actividades industriales, mediante el cuál el grado de detalle de la actividad asociada a la industria va aumentando a medida que se incrementa el número de dígitos, los cuáles van entre 1 y seis.

La Tabla 2.1 muestra la clasificación CIIU para un único dígito, en el cual se observa que el número 3 engloba las actividades industriales. Por su parte, en la Tabla 2.2 se muestra la clasificación CIIU de dos dígitos para el área de industrias manufactureras, correspondiente a la segunda revisión realizada por las Naciones Unidas. En esta misma tabla se ha agregado la separación de los CIIU hasta tres dígitos

Tabla 2.1
Código CIIU de Un Dígito para Actividades Industriales

Código CIIU	Actividad Económica
1	AGRICULTURA, CAZA, SILVICULTURA Y PESCA
2	EXPLOTACIÓN DE MINAS Y CANTERAS
3	INDUSTRIAS MANUFACTURERAS
4	ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA
5	CONSTRUCCIÓN
6	COMERCIO, RESTAURANTES Y HOTELES
7	TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES
8	ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS, DE SEGUROS, BIENES INMUEBLES Y SERV. PRESTADOS A LAS EMPRESAS
9	SERVICIOS COMUNALES, SOCIALES Y PERSONALES
0	ACTIVIDADES NO BIEN ESPECIFICADAS

Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme Naciones Unidas.

Por otra parte, una revisión de la actividad industrial en Chile ha permitido identificar la importancia de cada uno de los rubros anteriores a nivel de producción y ventas físicas, lo que se ha obtenido desde información publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), lo que se anexa a la Tabla 2.2, mientras que en la Figura 2.1 se presenta la distribución gráfica de la importancia económica de las actividades industriales, considerando sólo dos dígitos CIIU.

Tabla 2.2
Código CIUU de Dos y Tres Dígitos para Industrias Manufactureras

Código CIUU	ACTIVIDAD ECONOMICA	% PARTICIPACIÓN ECONOMIA
31	PRODUCTOS ALIMENTICIOS, BEBIDAS Y TABACO	24.17
311-2	Fabricación de productos alimenticios, excepto bebida	17.82
313	Industrias de bebidas	3.44
314	Industria del tabaco	2.91
32	TEXTILES, PRENDAS DE VESTIR E INDUSTRIA DEL CUERO	7.86
321	Fabricación de textiles	4.08
322	Fabricación de prendas de vestir, excepto calzado	2.01
323	Industria del cuero productos de cuero y sucedáneos	0.38
324	Fabricación de calzado, excepto el de plástico	1.39
33	INDUSTRIA Y PRODUCTOS DE LA MADERA INCLUIDOS MUEBLES	3.19
331	Industria de la madera y productos de madera	3.19
34	FABRICACIÓN DE PAPEL Y PRODUCTOS DE PAPEL: IMPRENTAS Y EDITORIALES	8.81
341	Fabricación de papel y productos de papel	6.32
342	Imprentas, editoriales e industrias conexas	2.49
35	FABRICACIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS Y DE PRODUCTOS QUÍMICOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO Y DEL CARBÓN, DE CAUCHO Y PLÁSTICO	13.22
351	Fabricación de sustancias químicas industriales	3.75
352	Fabricación de otros productos químicos	5.77
353	Refinerías de petróleo	1.13
354	Fab. De productos diversos derivados del petróleo y carbón	0.79
355	Fabricación de productos de caucho	1.78
356	Fabricación de productos plásticos	2.83
36	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES NO METÁLICOS, EXCEPTO LOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO Y DEL CARBÓN	2.83
361	Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana	0.22
362	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	0.55
369	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	2.06
37	INDUSTRIAS METÁLICAS BÁSICAS	25.71
371	Industrias básicas de hierro y acero	4.09
372	Industrias básicas de metales no ferrosos	21.62

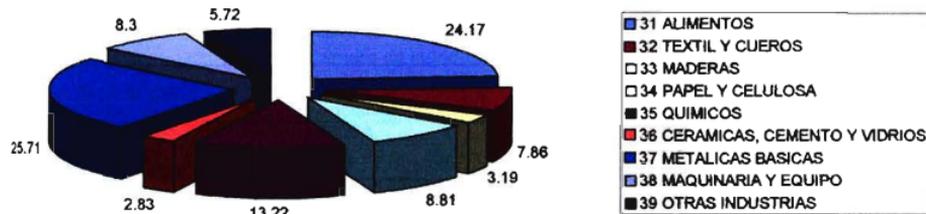
Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme. Naciones Unidas. Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Tabla 2.2
Código CIU de Dos y Tres Dígitos para Industrias Manufactureras

Código CIU	ACTIVIDAD ECONOMICA	% PARTICIPACIÓN ECONOMIA
38	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO	8.3
381	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinarias	3.94
382	Construcción de maquinaria, excepto la eléctrica	1.96
383	Construcción de maquinaria, aparatos y accesorios eléctricos	1.25
384	Construcción de material de transporte	1.03
385	Fabricación de equipo profesional y artículos Oftálmicos	0.12
39	OTRAS INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	5.72
390	Otras industrias manufactureras	5.72

Fuente: Clasificación Internacional Industrial Uniforme. Naciones Unidas. Instituto Nacional de Estadísticas (INE)

Figura 2.1
Distribución Porcentual de Actividades Industriales



Una revisión de las actividades industriales en Chile permitió identificar los rubros relevantes a partir de información publicada por la SOFOFA (Sociedad de Fomento Fabril). Esta información se incluye en la Tabla 2.3, la que resume los rubros y su código CIU, así como las asociaciones que pertenecen a SOFOFA.

Tabla 2.3
Identificación de Rubros Industriales en Chile

CIU	Rubros	Asociaciones
31	ALIMENTO	Asoc. de Exportadores de Chile -ASOEX- (Sector Frutícola)
		Asoc. de Industrias Lácteas -ASILAC -
		Asoc. Nacional de Ind. de Cecinas -ANIC
		Asociación de Empresas de Alimentos de Chile - Chilealimentos A. G.
		Asoc. de Molineros del Centro
		Asoc. de Prod. Avícolas de Chile A.G. -APA
		Asoc. de Productores de Aceite de Oliva A.G. -CHILEOLIVA
		Asociación de la Industria del Salmón de Chile A. G. -Salmonchile
		Asoc. Nacional de Bebidas Refrescantes -ANBER
		Asoc. de Licoristas de Chile
32	TEXTIL Y CUERO	Asoc. de Viñas de Chile A.G.
		Asoc. de Ind. de Curtidurías de Chile
33	MADERAS	Asoc. de Tintorerías y Estampados Industriales
		Instituto Textil de Chile
34	CELULOSA, PAPEL E IMPRENTAS	Corporación Chilena de la Madera -CORMA
		Cámara de la Producción y del Comercio de Concepción -CPCC
35	QUIMICOS	Industriales Gráficos A. G.
		Asoc. de Ind. Químicos -ASIQUM
		Cámara de la Industria Farmacéutica de Chile -CIF
		Cámara de la Industria Cosmética
		Asociación Industrial de Laboratorios Farmacéuticos Chilenos A.G. -ASILFA
36	CERAMICAS CEMENTO Y VIDRIOS	Asoc. de Ind. del Plástico -ASIPLA
		Asoc. de Fabricantes de Vidrios, Cerámicas y Refractarios
37	METALICAS BASICAS	Asoc. de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas -ASIMET
38	FABRICACIÓN DE PRODUCTOS METÁLICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO	Asoc. Nacional Automotriz de Chile -ANAC
		Asoc. Nacional de Armadores A.G.

Fuente SOFOFA

3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

3.1 Aspectos Generales

Tal como se indicó en la introducción a este documento, el procedimiento seguido para obtener información relevante sobre consumos de agua para el rubro industrial incluyó una recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, basándose en publicaciones diversas encontradas en libros técnicos y en diferentes sitios de Internet dedicados al estudio del uso eficiente del agua y a estadísticas relacionadas con su uso industrial.

Lo anterior permitió estimar en algunos casos rangos para los requerimientos de agua en diferentes usos industriales, mientras que para otros sólo se pudo encontrar valores individuales que serán utilizados para generar las recomendaciones correspondientes.

3.2 Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

En una primera etapa de la investigación fue posible obtener un documento desarrollado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, cuyo objetivo principal fue realizar un análisis metodológico para la obtención del Índice de Escasez, el cual se define como la relación porcentual entre la demanda de agua del conjunto de actividades sociales y económicas con la oferta hídrica disponible.

Para calcular el índice de escasez fue necesario calcular la demanda de agua, en la cual uno de los principales componentes es la demanda de uso industrial. Es por este motivo que en los anexos del documento mencionado se muestra una tabla con el uso de agua correspondiente a aproximadamente 90 rubros industriales. La fuente asociada a esta tabla corresponde a la publicación "Water for Industrial Uses" publicada en los EEUU en 1963. En la Tabla A.1 del Anexo de Usos Industriales se pueden apreciar los valores mostrados en este documento.

3.3 Industrial Pollution Control Handbook

Otra publicación de interés para este análisis corresponde al "Industrial Pollution Control Handbook" editado en 1971 por H. Lund. Este documento es una referencia muy importante para el análisis de uso industrial del agua, ya que contiene información relevante para diversas actividades industriales de interés en nuestro país. A pesar de su antigüedad, fue publicado en 1971, es un libro que mantiene vigencia y de hecho sigue usándose como referencia en libros más modernos que tratan temas similares.

Esta publicación contiene descripciones del uso del agua en las siguientes actividades industriales:

- Industria del Acero
- Fundiciones
- Plantas de Productos Metálicos
- Industria Química y Farmacéutica
- Industria Textil
- Alimentos
- Celulosa y Papel

3.4 Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial – CONAMA RM

Un conjunto de publicaciones de interés para este análisis lo constituyó una serie de documentos generados por CONAMA RM en el marco de un programa de cooperación internacional con el apoyo del Gobierno de los Países Bajos (Holanda). En este programa se financió, a través de su Ministro para la Cooperación Internacional, una donación al Gobierno Chileno, para realizar dos programas de asistencia técnica, denominados: "Manejo de un Plan de Gestión Ambiental, Segunda Etapa" y "Fiscalización, Control de la Contaminación y Gestión Ambiental en la Región Metropolitana". Estos programas incluyeron un proyecto titulado: "Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial", desarrollado entre los años 1994 y 1997.

El objetivo principal de estas guías, a ser distribuidas a todas las empresas de cada rubro estudiado, fue orientar al sector en materia ambiental, entregándole herramientas de prevención y control de la contaminación. A su vez, pretendió contribuir a las actividades de fiscalización que realiza la Autoridad, optimizando la calidad de las mismas. Una parte de la información contenido en estos documentos se orientó a analizar mecanismos para reducir la emisión de residuos líquidos, lo que en general implica un manejo más adecuado del agua, por lo que en algunos de estos documentos se incluyó información sobre esta materia.

Los rubros industriales prioritarios para la Región Metropolitana se seleccionaron en base a criterios, tales como la representatividad dentro del sector manufacturero y los impactos ambientales que generan. Una lista de los documentos revisados se indica a continuación:

- Rubro aserraderos y procesos de madera
- Sector criaderos de aves y subsector productores de huevos
- Industria procesadora de la carne
- Rubro productos de cemento y hormigón
- Curtiembres
- Fabricación de productos lácteos
- Fabricación de levaduras
- Fabricación de plaguicidas, insecticidas, pesticidas y fungicidas
- Fabricación de vidrio y productos de vidrio
- Industria procesadora de frutas y hortalizas
- Rubro fundiciones
- Galvanoplastia
- Industria laboratorios farmacéuticos
- Manejo de solventes
- Industria elaboradora de pinturas
- Recuperación de solventes

3.5 Páginas Web

Dada la escasez de información disponible acerca del uso del agua en el rubro industrial en Chile, fue necesario realizar una investigación por medio de páginas web interesadas en el uso del agua.

En primer lugar se realizó una búsqueda relacionada con el consumo de agua por parte de las industrias. Esta búsqueda tuvo resultados positivos, pero solamente relacionados con industrias muy específicas, obteniéndose datos puntuales para cada actividad en los distintos sitios web consultados.

Luego de la primera búsqueda general se optó por una búsqueda más específica, referida a ciertos rubros del área industrial. El resultado de esta búsqueda fueron valores de consumo de agua para diferentes actividades industriales y rangos de valores en algunos casos. Es importante mencionar que en algunos casos se encontró más de un valor de consumo para una misma actividad, siendo en muchas ocasiones valores muy diferentes.

Algunas páginas de interés para el tema de consumo industrial fueron utilizadas debido al gran contenido de información detallada y documentada. Estas páginas se incluyen a continuación:

- North Carolina Department of Environment and Natural Resources et. al. Water Efficiency Manual. 2002.
- Water Use in Industries of the Future. U.S. Department of Energy, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003.
- Waste Not, Want Not: The Potential for Urban Water Conservation in California. Pacific Institute 2003
- Sustainable water use in Europe. Part 1: Sectoral use of water. European Environment Agency. 1999

En la Tabla 3.1 se pueden observar los valores obtenidos para el consumo de agua en diferentes rubros del área industrial a partir de la revisión de páginas Web. Se puede apreciar el hecho mencionado anteriormente de que algunas actividades poseen más de un valor, los cuáles provienen de fuentes distintas.

Como se puede observar en la Tabla 3.1, algunas de las actividades industriales incluidas en ella no corresponden exactamente a las actividades mencionadas en la clasificación CIIU, sin embargo, es posible asociarlas a algún código que pueda incluirlas. De este modo, en la segunda columna de la tabla se muestra un "CIIU Tentativo", el cuál corresponde a la posible clasificación que podría tener esta actividad en relación a la clasificación CIIU utilizada en Chile.

Tabla 3.1
Consumo de agua según actividad industrial

Descripción	CIIU Tentativo	Unidad	Consumo
Procesamiento de Carne	3111	lt/kg	20889
		lt/kg	20889
		lt/kg	30320
		lt/kg	247000
Fabricación de Vehículo	3843	lt/unidad	147810
		lt/unidad	8000
		lt/unidad	148151
		lt/unidad	35000
		lt/unidad	148151
		lt/unidad	113700
Producción de Periódico	3420	lt/unidad	569
Azúcar de remolacha	3118	lt/kg	20
		lt/kg	2
Agua embotellada	3134	lt/lt	1.03
		lt/lt	7
Producción de Cerveza	3133	lt/lt	4 - 8
		lt/lt	10
		lt/lt	6
Producción de Leche	1112	lt/lt	2.5 - 5
		lt/lt	48
		lt/KWh	140 - 200
Electricidad	4101	lt/kg	11
		lt/kg	57
		lt/kg	63
		lt/kg	500
		lt/kg	23 - 56
Producción de Acero	2300	lt/kg	6
		lt/lt	1000
		lt/lt	18
		lt/lt	10
		lt/lt	6
Gasolina	3540	lt/kg	27
		lt/kg	306
		lt/kg	600
		lt/kg	15
		lt/kg	450
Producción de Papel	3411	lt/unidad	42
		lt/unidad	1516
		lt/kg	5515
		lt/unidad	455
Procesar Pollo	3111	lt/unidad	42
Cría de Pollo	1112	lt/unidad	1516
		lt/kg	5515
Huevo	1112	lt/unidad	455

UNIVERSIDAD DE CHILE
 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
 DIVISION DE RECURSOS HIDRICOS Y MEDIO AMBIENTE
 Tel (56-2) 696 8448 Fax (56-2) 689 4171
 Casilla 228-3 Santiago CHILE

Descripción	CIIU Tentativo	Unidad	Consumo
Alcohol		lt/lt	2700
Sacrificar cabeza de ganado	3111	lt/unidad	500
Papel blanco	3411	lt/kg	100
Neumáticos	3843	lt/unidad	1963
		lt/unidad	1350
Plástico		lt/kg	201
Lata de fruta o verdura	3113	lt/unidad	35
		lt/unidad	40
Lana		lt/kg	844
Refinar petróleo crudo	3530	lt/lt	44
Procesar azúcar de caña	3118	lt/kg	106
Petróleo	3530	lt/lt	10
Cerdo	1112	lt/kg	13620
Pulpa química (papel)	3411	lt/kg	57
Vaca lechera	1112	lt/lt	4
Cemento	3692	lt/kg	30
Piel procesada		lt/kg	50 - 100

3.6 Información Proporcionada por SOFOFA

Luego de una reunión que se llevó a cabo en las dependencias de la Sociedad de Fomento fabril (SOFOFA) el miércoles 17 de Agosto de 2005 se identificó información complementaria a la obtenida en el estudio de la Universidad de Chile, la cual fue tabulada de acuerdo a la disponibilidad de datos en diferentes categorías. Los datos aportados por SOFOFA se incluyen en la Tabla 3.2

Tabla 3.2
Información Complementaria Aportada por SOFOFA

USOS	VALOR	UNIDAD
Carne, aves y pescados		
Agua para proceso de bovino o equino (matadero)	20.0	m ³ /Ton
Planta de proceso	35.0	m ³ /Ton
Planta de empaquetado	35.0	m ³ /Ton
Fábrica de cecinas	25.0	m ³ /Ton
Frutas y vegetales		
Conservas de frutas	35.0	m ³ /Ton
Conservas de vegetales	35.0	m ³ /Ton
Congelados de vegetales	12.0	m ³ /Ton
Jugos de frutas	16.0	m ³ /Ton
Mermeladas	16.0	m ³ /Ton
Pasta de Tomate (Producto Terminado)	45.0	m ³ /Ton
Pulpa de Fruta (Producto Terminado)	27.0	m ³ /Ton
Industria lechera		
Uso de agua para producción lechera	5.0	m ³ /Ton
Bebidas		
Industrias vinícolas	21.0	m ³ /Ton
Bebidas Malteadas	10.0	m ³ /Ton
Cerveza	10.0	m ³ /Ton
Bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	6.0	m ³ /Ton
USOS	VALOR	UNIDAD
Textiles		
Hilado, tejido y acabado de textiles	30.0	m ³ /Ton
Fabricación de tejidos de punto, tapices y alfombras	33.0	m ³ /Ton
Fabricación de cordelería	10.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de algodón, lana y sus mezclas	40.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas	62.0	m ³ /Ton
Cuero		
Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30.0	m ³ /Ton
Curtidurías y talleres de acabado	49.0	m ³ /Ton
Fabricación de calzado	5.0	m ³ /Ton

Tabla 3.2
Información Complementaria Aportada por SOFOFA

USOS	VALOR	UNIDAD
Madera		
Aserraderos, talleres de cepilladura y otros talleres para trabajar madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de envases de madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de muebles y accesorios	0.6	m ³ /Ton
USOS	VALOR	UNIDAD
Celulosa		
Proceso de Celulosa Sistema Kraft	110.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico	35.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico, Químicamente Blanqueado	75.0	m ³ /Ton
Papel		
Total (sin agua de enfriamiento)	90.0	m ³ /Ton
Papel Fino	35.0	m ³ /Ton
Papel tipo Tissue	90.0	m ³ /Ton
Papel Corrugado	35.0	m ³ /Ton
Papel de Dibujo	65.0	m ³ /Ton
USOS	VALOR	UNIDAD
Química		
Cloro	13.0	m ³ /Ton
USOS	VALOR	UNIDAD
Cemento, Vidrio y Cerámica		
Cemento	5.0	m ³ /Ton
Cerámica	0.8	m ³ /Ton
Vidrio	30.0	m ³ /Ton
USOS	VALOR	UNIDAD
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	150.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	80.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundido de plomo y zinc	80.0	m ³ /Ton
Refinación y fundición de metales preciosos	8.0	m ³ /Ton
USOS	VALOR	UNIDAD
Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo		
Construcción maquinaria	6.0	m ³ /Ton

3.7 Información Proporcionada por DGA-DEP

A raíz de comentarios e información recopilada durante la reunión con SOFOFA se procedió a consultar al Instituto Nacional de Estadísticas acerca de la encuesta ENIA (Encuesta Industrial Anual), la que se realiza en forma anual a los diferentes establecimiento manufactureros, cuyo tamaño corresponde a una ocupación de una y más personas. Entre los datos generados en esta encuesta se pueden señalar los siguientes:

- Número de establecimientos, días trabajados y días paralizados
- Ocupación media por clase persona, sexo y trimestres trabajados
- Remuneraciones, descuentos legales, cargas familiares
- Materias primas y otros materiales recibidos nacionales e internacionales

A partir de los datos incluidos en la encuesta ENIA el Departamento de Estudios y Planificación de la DGA (DGA-DEP) elaboró una tabla con datos adicionales a los obtenidos en la revisión de la Universidad de Chile (UCH) y complementarios a los entregados por SOFOFA. Toda esta información se resume en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3
Datos de Requerimientos Máximos

Item	UCH	SOFOFA	DEP-DGA	UNIDAD	Referencia Revisión DEP
fábrica de cecinas	15.5	25	3.2 - 24	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
conservas de frutas	4	35	1.0 - 42	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
conservas de frutas y vegetales			28	m3/Ton	Integrating Energy- and Environmental Management www.p2pays.org/ref/17/16294.pdf
conservas de vegetales	6	35	1.8 - 393	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
congelados de vegetales	8.5	12	17	m3/Ton	Technical pollution prevention guide for the fruit and vegetable processing industry in the lower frazer basin www.rem.sfu.ca/FRAP/9618.pdf
congelados de vegetales			5 - 8.5	m3/Ton	GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN INDUSTRIAL INDUSTRIA PROCESADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS http://www.conama.cl/portal/1255/article-s-26230.pdf frutas_hortalizas.pdf
jugos de frutas	6.5	16	3.0 - 34.0	m3/Ton	estadísticas ENIA INE

Tabla 3.3
Datos de Requerimientos Máximos

Item	UCH	SOFOFA	DEP-DGA	UNIDAD	Referencia Revisión DEP
Jugos de frutas			19.0 -	m3/Ton	GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION INDUSTRIAL INDUSTRIA PROCESADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS http://www.conama.cl/portal/1255/article-s-26230_pdf_frutas_hortalizas.pdf
mermeladas	6	16	28.0 -	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
mermeladas			17	m3/Ton	GUIA PARA EL CONTROL Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACION INDUSTRIAL INDUSTRIA PROCESADORA DE FRUTAS Y HORTALIZAS http://www.conama.cl/portal/1255/article-s-26230_pdf_frutas_hortalizas.pdf
produccion leche	3	5	6.0 -	m3/Ton	CUIDADOS DE UN PEQUEÑO PLANTEL LECHERO www.ciades.cl/documentos/ima_doc
produccion leche			0.3 -	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
madera aserraderos	0.2	0.6	0.02 -	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
madera fab envases maderas	0.2	0.6	0.11 -	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
madera muebles y accesorios	0.2	0.6	1.31	m3/Ton	estadísticas ENIA INE
celulosa termomecanico	25	35	30	m3/Ton	Lenntech papel y celulosa. http://www.lenntech.com/espanol/papel-celulosa.htm
celulosa termomecanico blanqueado	50	75	3 -	m3/Ton	Gestion del agua en la industria papelera. (pag 24) www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/industria/libro-3.PDF
celulosa termomecanico blanqueado			150	m3/Ton	industria del papel y de la pasta del papel http://www.mtas.es/insh/EncOIT/pdf/tom03/72.pdf
papel total	38	90	55 -	m3/Ton	Optimizing whitw water system design. www.paperage.com/02_2001/whitewater.html
papel fino	15	35	110	m3/Ton	

Tabla 3.3
Datos de Requerimientos Máximos

Item	UCH	SOFOFA	DEP-DGA	UNIDAD	Referencia Revisión DEP
papel impresión y escritura			200	m3/Ton	Gestion del agua en la industria papelerera (pag 11) www.sc.edu/es/iawfemal/archivos/materiaindustrial/libro-3.PDF
papel tissue	25	90	60	m3/Ton	Gestion del agua en la industria papelerera (pag 11) www.sc.edu/es/iawfemal/archivos/materiaindustrial/libro-3.PDF
papel corrugado	10	35	35	m3/Ton	(Cartón) Gestion del agua en la industria papelerera (pag 11) www.sc.edu/es/iawfemal/archivos/materiaindustrial/libro-3.PDF
papel periodico	13	65	30	m3/Ton	Gestion del agua en la industria papelerera (pag 11) www.sc.edu/es/iawfemal/archivos/materiaindustrial/libro-3.PDF
cemento	4	5	2.2	m3/Ton	<u>46 Cemento, cal y yeso</u> http://wqbis.ces.usc.ernet.in/energy/HC270799/HDL/ENV/envsp/Vol232.htm
cemento			3.6	m3/Ton	Arquitectura, economía y ecología Mariano Vázquez Espi Ondara (España), septiembre de 2000 http://www.arqchile.cl/arquitectura_ecologia.htm
ceramica	0.2	0.8	0.8 - 1.8	m3/Ton	www.s-tiles.it/s-tiles/artic
vidrio	20	30	21.2	m3/Ton	www.isesco.org.ma
fundición y refinación metales preciosos	4.5	8		m3/Ton	
lixiviación en refinación oro y plata			1.5	m3/Ton	http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya3/3plata_oro_lixivacion.htm
fundición y refinación de cobre			8.4	m3/Ton	water use in metal production. www.minerals.csiro.au/sd/pubs/waterrev1.pdf
Construcción maquinaria	4.5	6		m3/Ton	
*** Fabricación de tubos de acero			6.3 - 25.3	m3/Ton	http://www.iadb.org/csramencas/2004/doc/pviate.pdf
*** Acero Líquido de Huachipato			46 - 168	m3/Ton	http://www.infoacero.cl/medio_aqua.htm
*** Metálica Básica			4.5 - 20	m3/Ton	http://www.infoaserca.gob.mx/ponencias/AGUA230802.pdf

4. ACTIVIDADES INDUSTRIALES

4.1 CIU 31. Productos Alimenticios y Bebidas

La industria de los alimentos en su totalidad consume una gran cantidad de agua, sin embargo el uso que se le entrega a este insumo no es sólo de tipo consuntivo. El agua es utilizada en todos los procesos para limpiar alimentos y equipos, cocer, pasteurizar, y congelar productos ya elaborados

Por otro lado la calidad del agua utilizada es de extrema importancia, al punto de que algunos productores no utilizan el agua potable sin previo tratamiento, de esta manera se asegura que ésta se encuentra sin olores ni sabores que puedan afectar la calidad de los productos. Por este motivo existen empresas que optan por separar el agua según los usos que a ésta se le asigne y en función de ello se aplica tratamiento sólo a aquella porción que requiere una mejor calidad.

El uso del agua en la industria de la comida es de tal importancia y volumen, que muchas empresas optan por reutilizar el agua de procesos como la refrigeración y el aire acondicionado para la limpieza primaria de sus productos.

La industria de los alimentos se separa principalmente en las industrias conserveras, procesadoras de aves, mataderos y otros productos tales como aquellos provenientes del maíz, el arroz, café y cítricos. Cada una de ellas posee requerimientos de agua específicos, los que se encuentran determinados por los procesos que estas industrias requieren para obtener su producto final

La industria conservera en los Estados Unidos utiliza en promedio 189 litros de agua por lata producida. Los principales usos del agua están enfocados a la limpieza de elementos tóxicos como pesticidas y elementos naturales propios del medio de cultivo, al pelado de ciertos vegetales o frutas y al transporte hidráulico de los productos entre un proceso y otro. Los volúmenes de agua utilizados para refrigeración usualmente son elevados, sin embargo, debido a la baja contaminación del insumo en este proceso, éste puede ser reutilizado como agua de lavado en otras faenas. El último gran requerimiento de agua en la industria conservera se destina a la limpieza de equipos, utensilios, suelos y otros componentes del procesos productivo

Las plantas avícolas, que producen principalmente gallinas y pavos, hoy en día centran su consumo de agua en siete procesos básicos, los cuales son: la recepción, el almacenamiento, el matadero, el proceso de desplumar, el sacado de las tripas, el empaclado y finalmente su congelación. Si bien estos procesos pueden cambiar dependiendo del producto final que se desee entregar, ellos constituyen parte de una faena de producción completa. En el proceso de recepción y almacenamiento gran parte del agua es utilizada para la limpieza de las galpones, jaulas o lugares donde habitan las aves. Por otro lado para facilitar el desplume de las aves, éstas son colocadas en grandes tanques con agua hirviendo para luego pasar por máquinas desplumadoras, las cuales son permanentemente rociadas con agua para sacar las plumas removidas. Las plumas restantes son retiradas manualmente para luego rociar las aves con abundante agua para un control sanitario adecuado.

Una vez desplumadas las aves, se comienza el retiro de las vísceras, en este proceso se utiliza agua para enjuagar el interior de ellas así como medio de conducción para los órganos

retirados. los cuales posteriormente pasan por filtros para separar la parte líquida de la sólida, esta última es utilizada para hacer comida de aves. Finalmente las aves procesadas son llevadas a refrigeradores que tienen una temperatura de 4°C. En este proceso los volúmenes de agua utilizado son menores que en los procesos mencionados previamente. Se estima que en la totalidad de los procesos se utiliza cerca de 30 m³/1000 pollos y 68 m³/1000 pavos.

La industria de la carne por su parte utiliza el agua en las faenas de alimentación, limpieza de corrales, mataderos y zonas de empaque. El volumen de agua utilizado dependerá en gran medida del tipo de instalación del que se trate. Ello debido a que muchas empresas se dedican únicamente a las faenas de matanza, mientras que otras comprenden todas las partes del proceso productivo. En los mataderos una gran cantidad de agua es utilizada para transportar las heces e interiores de los animales sacrificados, las cuales son posteriormente filtradas para separar la parte sólida. Por otro lado en las faenas de empaclado el agua es utilizada en procesos de cocción o frigoríficos. Se ha estimado un valor para el uso de agua en mataderos entre 4.17 y 17 m³/ton sacrificada, para las plantas de empaquetado se citan valores de 6.3 y 29 m³/ton sacrificada y para una planta procesadora estos valores crecen a 8.3 y 33.4 m³/ton sacrificada

La publicación Sustainable Water Use in Europe (1999) indica los siguientes niveles de consumo de agua en la producción de cerveza y leche en países europeos (Tabla 4.1).

Tabla 4.1
Consumo de Agua en Europa (m³ de agua por m³ producto)

País	Cerveza	Leche
Austria	10.0	5.0
Dinamarca	3.4	-
Francia	25.0	1.0 - 4.0
Irlanda	8.0	-
Noruega	10.0	1.0 - 1.5
España	6.0 - 9.0	1.0 - 5.0
Suecia	3.0 - 5.0	1.3
Reino Unido	2.0 - 10.0	2.9

En el caso chileno, el consumo de agua en los mataderos e industria de procesamiento de carnes, tanto de lavado como de enfriamiento, varía bastante de planta a planta. Según el Decreto Sanitario N° 342, los mataderos deberán ser abastecidos como mínimo por el suministrador los siguientes caudales:

- 1.200 lt por cabeza de bovino o equino;
- 500 lt por porcino;
- 200 lt por ovino y caprino.

En caso de existir otras instalaciones productivas relacionadas con el rubro, esta capacidad debe aumentar en 20 lt/kilo de producto terminado.

En cuanto al resto de los productores de comida es difícil determinar un proceso productivo común puesto que éste puede variar considerablemente entre una empresa y otra. Dentro de este inmenso número de operaciones se encuentran estaciones de recepción, plantas embotelladoras, productores de crema, helados, queso y leche.

Para efectos de una separación, la industria de alimentos se puede separar en cuatro grupos diferentes:

- Carne, aves y pescados
- Frutas y vegetales
- Industria lechera
- Bebidas

Utilizando esta separación se resumen los niveles de uso de agua en la industria alimenticia, los que se indican en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2
Niveles de Uso de Agua en Industria de Alimentos

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Carne, aves y pescados		
Agua para proceso de bovino o equino (matadero)	3.8 – 16.8	1
Planta de proceso	8.0 – 33.0	4
Planta de empaquetado	6.0 – 29.0	4
Fábrica de cecinas	4.5 – 15.3	1
Frutas y vegetales		
Conservas de frutas	2.5 – 4.0	1
Conservas de vegetales	3.5 – 6.0	1
Congelados de vegetales	5.0 – 8.5	1
Jugos de frutas	6.5	1
Mermeladas	6.0	1
Industria lechera		
Uso de agua para producción lechera	1.4 – 2.6	2
Uso óptimo de agua en producción lechera	1.0	5
Producción de leche en Europa	1.0 – 5.0	6
Bebidas		
Industrias vinícolas	20.8	3
Bebidas Malteadas	9.5	3
Cerveza	4.0 – 10.0	4
Bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	5.7	3

- (1) Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial – CONAMA RM
- (2) Waste Not, Want Not: The Potential for Urban Water Conservation in California. Pacific Institute. 2003.
- (3) Water for Industrial Uses. 1963.
- (4) Páginas web.
- (5) Dairy Processing Methods to Reduce Water Use and Liquid Waste Load. Kansas State University. 2001.
- (6) Sustainable water use in Europe. Part 1: Sectoral use of water. European Environment Agency. 1999.

4.2 CIU 32. Textiles y Cuero.

Se consideran productos textiles a aquellos que provienen de la lana, algodón, fibras sintéticas y combinaciones de estas últimas. El proceso por el cual pasan estas materias primas tiene relación con la remoción de impurezas, tinturas y la asignación de propiedades de suavidad y durabilidad específicas de las telas producidas. Por ello el uso de agua dependerá en gran medida de las características del producto generado.

En general las faenas textiles constan de etapas de purificación, hilado y acabado de las fibras. El agua es utilizada en procesos de enjuague, remojo y aplicación de detergentes y solventes en las etapas de purificación.

Para el caso del algodón se comienza limpiando manual o mecánicamente la materia prima. Luego las fibras son juntadas y estiradas formando cordones, los que pasan por una solución que les da fuerza y rigidez para soportar la abrasión y fricción de los procesos de tejido. Una vez preparado, el algodón es tejido para formar paños, los que serán tratados para entregarle las propiedades finales a la tela. Entre los tratamientos existentes están la remoción de impurezas para el posterior tratamiento químico y el proceso químico que le entrega a la prenda sus propiedades y aspecto

Entre los procesos realizados se encuentran, los siguientes

- Remoción de impurezas mediante el paso de las prendas a alta velocidad a través de cámaras con altas temperaturas
- Remoción del almidón mediante químicos
- Cocción de las telas con compuestos alcalinos para remover grasas, ceras y mugre, de tal manera de crear telas que estén principalmente compuestas de celulosa
- Enjuague de las telas con agua, para luego desteñirlas con hipoclorito, peróxido u otro compuesto similar
- Remojar las prendas en soluciones con soda cáustica para prolongar su vida útil y mejorar el proceso de tintura
- Tintura de la prenda o tela
- Proceso de estampados
- Aplicación de almidón u otras resinas para otorgarle a la prenda una apariencia más suave o alguna característica particular

En general los procesos de tejido y purificación iniciales requieren un bajo consumo de agua, siendo los procesos de terminación aquellos que requieren un mayor volumen de este insumo.

En el caso del algodón se citan valores para el enjuague del proceso de remoción del almidón entre 1.67 y 15 m³/100 kg de género. Para el acabado del algodón el uso del agua se estima entre 250 y 333 m³/ton de género. El consumo de agua máximo para la Industria de la lana se ha estimado entre 500 y 583 m³/ton de género (estos son los volúmenes de RILES).

Al igual que el algodón, la lana comienza su proceso productivo con la purificación de las fibras. En este proceso se retiran las impurezas de origen animal, como grasas y secreciones así como aquellas provenientes de otras fuentes, como polvo, vegetales, remedios contra pestes y otros. Para ello se emplean sistemas en que la lana se mezcla con componentes detergentes o

solventes para luego ser restregada. El material purificado debe ser tejido y terminado proceso que puede comprender las siguientes faenas:

- Tintura de las fibras
- Procesos Suavizantes
- Lavado de los químicos agregados con jabón, para posteriormente ser enjuagado con agua
- Eliminación definitiva de materia orgánica mediante la aplicación de ácido sulfúrico, calor y remoción mecánica de éste.
- Enjuague con carbonatos de sodio y agua para neutralizar y limpiar las fibras
- Desteñido de la lana (opcional)

Las telas sintéticas, debido a que son producidas principalmente por el hombre, no deben pasar por los procesos de purificación al que deben pasar los materiales naturales. Aún así existen procesos que tienen como objetivo el eliminar la estática y lubricar y almidonar las telas. Dentro de los procesos de acabado se encuentran los siguientes:

- Restregado de las telas para eliminar ácidos de los procesos de tejido
- Enjuague inicial
- Fase de Tintura
- Segundo Enjuague
- Detalles Finales (resistencia contra el agua, agentes que evitan el encogimiento, etc)

A continuación se presenta la Tabla 4.3 con consumos de agua mínimos, medio y máximos para diversos productos textiles:

Tabla 4.3
Usos de Agua en la Industria Textil

Categoría del Proceso	Minimo	Medio	Máximo
	l/Kg	l/Kg	l/Kg
Lana	111	285	658
Woven	5	113	508
Knit	20	83	377
Carpet	8	47	163
Hilo	3	100	558
Non Woven	3	40	83
Felted Fabrics	33	213	933

Fuente: Water Efficiency. Best Management Practices for Pollution Prevention in the Textile Industry.

La publicación Sustainable Water Use in Europe (1999) indica los siguientes niveles de consumo de agua en la producción de textiles en países europeos (Tabla 4.4).

Tabla 4.4
Consumo de Agua en Europa (m³ de agua por Ton de producto)

País	Tejido
Austria	-
Dinamarca	-
Francia	-
Irlanda	-
Noruega	130.0
España	8.0 - 20.0
Suecia	40.0 - 50.0
Reino Unido	6.0 - 300.0

La industria del curtido de pieles es una actividad estrechamente ligada a dos importantes sectores productivos del país, la industria del calzado y el faenamiento de animales, especialmente bovinos. En los últimos años, la producción del rubro ha disminuido debido a la menor actividad que ha venido presentando la industria del calzado en el país, como consecuencia de la fuerte competencia externa. Esta producción se concentra mayoritariamente en la Región Metropolitana, donde se ubican alrededor del 50% de las curtiembres del país.

Luego de ser beneficiados los animales, los cueros son tratados con sal por el lado carne, con lo que se evita la putrefacción y se logra una razonable conservación, es decir, una conservación adecuada para los procesos y usos posteriores a que será sometido el cuero. Una vez que los cueros son trasladados a la curtiembre, son almacenados en el saladero hasta que llega el momento de procesarlos de acuerdo a las siguientes etapas:

- **Ribera.** En esta etapa el cuero es preparado para ser curtido, en ella es limpiado y acondicionado asegurándole un correcto grado de humedad.
- **Piquelado.** El proceso de piquelado comprende la preparación química de la piel para el proceso de curtido, mediante la utilización de ácido fórmico y sulfúrico principalmente.
- **Curtido.** El curtido consiste en la estabilización de la estructura de colágeno que compone al cuero, usando productos químicos naturales o sintéticos. Adicionalmente, la curtición imparte un particular "tacto" al cuero resultante.
- **Procesos mecánicos de post-curtición.** A continuación del curtido, se efectúan ciertas operaciones mecánicas que propenden a dar un espesor específico y homogéneo al cuero.
- **Secado y terminación.** Los cueros, una vez recurtidos, son desaguados y retenidos para eliminar el exceso de humedad, además son estirados y preparados para luego secarlos. El proceso final incluye el tratamiento mecánico del lado flor y el descarme, seguido de la aplicación de las capas de terminación.

Los niveles de uso de agua en la industria de textiles y cuero se resumen en la Tabla 4.5.

Tabla 4.4
Consumo de Agua en Europa (m³ de agua por Ton de producto)

Pais	Tejido
Austria	-
Dinamarca	-
Francia	-
Irlanda	-
Noruega	130.0
España	8.0 – 20.0
Suecia	40.0 – 50.0
Reino Unido	6.0 – 300.0

La industria del curtido de pieles es una actividad estrechamente ligada a dos importantes sectores productivos del país, la industria del calzado y el faenamiento de animales, especialmente bovinos. En los últimos años, la producción del rubro ha disminuido debido a la menor actividad que ha venido presentando la industria del calzado en el país, como consecuencia de la fuerte competencia externa. Esta producción se concentra mayoritariamente en la Región Metropolitana, donde se ubican alrededor del 50% de las curtiembres del país.

Luego de ser beneficiados los animales, los cueros son tratados con sal por el lado carne, con lo que se evita la putrefacción y se logra una razonable conservación, es decir, una conservación adecuada para los procesos y usos posteriores a que será sometido el cuero. Una vez que los cueros son trasladados a la curtiembre, son almacenados en el saladero hasta que llega el momento de procesarlos de acuerdo a las siguientes etapas:

- **Ribera.** En esta etapa el cuero es preparado para ser curtido, en ella es limpiado y acondicionado asegurándole un correcto grado de humedad.
- **Piquelado.** El proceso de piquelado comprende la preparación química de la piel para el proceso de curtido, mediante la utilización de ácido fórmico y sulfúrico principalmente.
- **Curtido.** El curtido consiste en la estabilización de la estructura de colágeno que compone al cuero, usando productos químicos naturales o sintéticos. Adicionalmente, la curtición imparte un particular "tacto" al cuero resultante.
- **Procesos mecánicos de post-curtición.** A continuación del curtido, se efectúan ciertas operaciones mecánicas que propenden a dar un espesor específico y homogéneo al cuero.
- **Secado y terminación.** Los cueros, una vez recurtidos, son desaguados y retenidos para eliminar el exceso de humedad, además son estirados y preparados para luego secarlos. El proceso final incluye el tratamiento mecánico del lado flor y el descame, seguido de la aplicación de las capas de terminación.

Los niveles de uso de agua en la industria de textiles y cuero se resumen en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5
Niveles de Uso de Agua en Industria de Textiles y Cuero

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Textiles		
Hilado, tejido y acabado de textiles	30.0	1
Fabricación de tejidos de punto, tapices y alfombras	33.0	1
Fabricación de cordelería	10.0	1
Tejidos y manufacturas de algodón, lana y sus mezclas	40.0	1
Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas	62.0	1
Cuero		
Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30.0	1
Curtidurías y talleres de acabado	48.4	1
Fabricación de calzado	5.0	1

(1) Water for Industrial Uses. 1963.

4.3 CIU 33. Industria y Productos de la Madera.

No existe mucha información para estos procesos. La información del documento Water for Industrial Uses entrega un valor que se utilizará para una recomendación, la que se entrega en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6
Niveles de Uso de Agua en Industria y Productos de la Madera

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Madera		
Aserraderos, talleres de cepilladuría y otros talleres para trabajar madera	0.1	1
Fabricación de envases de madera	0.1	1
Fabricación de muebles y accesorios	0.1	1

(1) Water for Industrial Uses. 1963.

4.4 CIU 34. Fabricación de Papel y Celulosa

El enfoque histórico de aprovechamiento del agua en la industria del papel y la celulosa ha sido la tendencia a reciclar el agua dentro del proceso productivo.

Al comienzo del siglo 20 el consumo de agua se acercaba a 625 m³ por tonelada de celulosa producida. Esta cifra se redujo en forma importante en los años 50 con un consumo de 145 m³ por tonelada y, según información más reciente (EPA, 2003), alcanzó una valor de 67 a 71 m³ por tonelada al inicio del siglo 21.

El proceso de producción de la celulosa y el papel comienza con el transporte de la madera que será procesada para obtener el producto final, éste se realiza mediante canales con agua que llevan los troncos a la planta procesadora. Una vez allí la madera es cocida y luego molida, procesos en los que nuevamente se utiliza gran cantidad de agua. Las fibras separadas son transportadas hidráulicamente a los procesos de blanqueo, refinamiento y generación de hojas. De ésta manera no es extraño que el consumo de agua en este tipo de industrias sea bastante elevado. Se citan valores de consumo entre 41.6 y 70.2 m³/ton de papel producido.

El agua se utiliza en el proceso de producción de celulosa y papel en cuatro actividades específicas: incorporar químicos al proceso, llevar material a través de los procesos de tratamiento y producción de la celulosa, separar y eliminar contaminantes en el proceso, y remover calor del proceso.

Existen diversos tipos de pulpa y papeles, cada uno de ellos con procesos y tratamientos diferentes, entre los cuales destacan:

- Pulpa kraft decolorada y no decolorada
- Pulpas en base a sulfuros
- Pulpas procesadas mecánicamente
- Pulpas procesadas termomecánicamente
- Pulpa Reciclada o Decolorada
- Papeles finos
- Papeles de libro o revista
- Papeles Higiénicos
- Papeles gofrados y cartones
- Papeles especiales (cigarrillos, billetes, otros)

La pulpa kraft es el proceso utilizado mayoritariamente para producir pulpa química, la cual es procesada dentro de las instalaciones de la empresa o bien es vendida a otras que son capaces de procesarla. El uso de agua dependerá si la planta posee torres de enfriamiento o si simplemente descarta sus excesos en forma de agua templada. Usos típicos para pulpa kraft sin blanquear se encuentran entre 20 y 35 m³/ton métrica secada al aire para sistemas sin enfriamiento por agua y 35 a 55 m³/ton métrica secada al aire para sistemas con enfriamiento por agua. Para el caso de pulpa kraft blanqueada estos valores suben a 55 y 90 m³/ton métrica secada al aire para sistemas sin enfriamiento y 70 a 110 m³/ton métrica secada al aire para las industrias con sistema de enfriamiento (USDOE, 2003).

Las pulpas procesadas de manera mecánica están usualmente integradas a la producción de papel, y los sistemas generalmente consideran sistemas de recirculación que permiten dar un

mejor manejo al recurso. El agua es utilizada principalmente para sellar equipos, enfriar, y diluir químicos. Otra cantidad de agua es utilizada para limpiar equipos, y su volumen dependerá de la cantidad de sustancias disueltas que se tenga que remover. En la Tabla 4.7 se muestran los volúmenes de agua utilizados por cada tipo de planta.

Tabla 4.7
Demandas de Agua en Producción de Celulosa

Proceso	Demanda de Agua Total (m ³ /ton métrica)
Termomecánico	6.0 – 25.0
Termomecánico, Químicamente Blanqueado	15.0 – 50.0

La producción de papel es un proceso de mucho consumo de agua. El agua se usa para transportar las fibras y formar la hoja de papel en las máquinas procesadoras. Además se usa agua para diluir fibras, y eliminar contaminantes. En la Tabla 4.8 se muestran los requerimientos de agua para una fábrica de papel típica.

Tabla 4.8
Demandas de Agua en la Producción de Papel

Proceso	Demanda de Agua (m ³ /ton métrica secada al horno)
Rociadores de Maquinaria	5.0 – 20.0
Agua para sellos	2.0 – 5.0
Agua de dilución y aditivos	1.0 – 3.0
Misceláneos	1.0 – 5.0
Bombas de vacío	1.0 – 5.0
Total (sin agua de enfriamiento)	10.0 – 38.0

La publicación Sustainable Water Use in Europe (1999) indica los siguientes niveles de consumo de agua en la producción de papel en países europeos (Tabla 4.9).

Tabla 4.9
Consumo de Agua en Europa (m³ de agua por Ton de producto)

País	Papel
Austria	150.0
Dinamarca	-
Francia	250.0 – 500.0
Irlanda	-
Noruega	20.0
España	250.0
Suecia	20.0
Reino Unido	15.0 – 30.0

Los niveles de uso de agua en la industria de papel y celulosa se resumen en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10
Niveles de Uso de Agua en Industria de Papel y Celulosa

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Celulosa		
Proceso de Celulosa Sistema Kraft	67.4 – 109.2	1
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico	6.0 – 25.0	1
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico, Químicamente Blanqueado	15.0 – 50.0	1
Papel		
Total (sin agua de enfriamiento)	10.0 – 38.0	1
Papel Fino	10.0 – 15.0	1
Papel tipo Tissue	10.0 – 25.0	1
Papel Corrugado	4.0 – 10.0	1
Papel de Diario	8.0 – 13.0	1

(1) USDOE. Water Use in Industries of the Future. 2003.

4.5 CIU 35. Productos Químicos y Farmacéuticos.

La industria química destaca por la diversidad de productos que produce, cada uno de ellos es obtenido con un proceso productivo diferente por lo que se hace muy difícil clasificar de manera precisa esta área productiva. En Estado Unidos se ha clasificado a esta industria en los siguientes sectores productivos:

- Industrias de químicos inorgánicos
- Industrias de químicos orgánicos
- Plásticos y Gomas
- Farmacéuticos
- Jabones y materiales de limpieza
- Pinturas y barnices
- Químicos para la agricultura

La industria química se caracteriza por la gran cantidad y diversidad de compuestos que ella produce, por lo que el uso del agua puede variar ampliamente entre empresas incluso del mismo sector productivo. En general estos usos son no consuntivos puesto que la mayoría del agua es utilizada como sistema de enfriamiento. El uso consuntivo del agua no está bien determinado pero se estima que sólo un 5% del agua utilizada está incorporada en los productos finales.

El mayor uso de agua en la industria química está enfocado a los sistemas de enfriamiento, siendo el vapor y agua utilizada para dilución, enjuagues, lavado, reactantes y mezcla la segunda mayor fuente de consumo.

En Estados Unidos son diez los procesos que representan el 95% del uso de agua en esta industria, seis son métodos para producir "Synthesis Gas" que representan el 87% del uso de agua total, y donde el otro 7% la utilizan para la producción de hidrógeno. Incluso los químicos que se producen en mayor cantidad no están dentro de los mayores consumidores de agua de la industria. A continuación se presenta en la Tabla 4.11 ejemplos de consumo de agua en la industria química.

Tabla 4.11
Consumo de Agua en Producción de Compuestos Químicos (m³/Ton)

Producto	Agua de Enfriamiento	Agua de Proceso	Agua para Vapor	Agua Total Consuntiva
Nitrógeno	676.0	-	-	30.0 - 70.0
Etileno	198.0	3.6	14.5	10.0 - 30.0
Amoniaco	140.0	0.9	-	7.0 - 15.0
Acido Fosfórico	135.0	4.2	1.3	10.0 - 20.0
Propileno	135.0	2.4	0.8	9.0 - 18.0
Polietileno	82.0	0.5	0.4	4.0 - 9.0
Cloro	70.0	3.0	1.8	6.0 - 12.0
Acido Sulfúrico	66.0	0.4	-	3.0 - 7.0
Oxígeno	21.0	-	-	1.0 - 2.0

Las industrias farmacéuticas son aquellas que se dedican a la producción de drogas de prescripción médica, muchas veces consideradas como industrias químicas debido a su tamaño y nivel de producción. La manufactura farmacéutica representa todas las operaciones necesarias para obtener un producto final empaquetado y consumible. Puede comprender procesos tan variados como la mezcla de ingredientes, el secado de gránulos, formación de tabletas, cápsulas, preparación de productos estériles y finalmente el empaquetado de los productos. En general el uso de agua en estos procesos debiera ser bajo, sin embargo en ciertas empresas existen usos de agua asociados a operaciones de lavado que en otras son usualmente realizados con aspiradoras.

Dentro de las actividades que realizan las empresas farmacéuticas se encuentran la producción de químicos, procesos de fermentación, productos radiológicos e instalaciones de investigación.

En la producción de químicos el uso de agua está asociado a los procesos de lavado y a los equipos de condensación de vapores. Por otro lado la fermentación es de vital importancia en la industria farmacéutica, con ella se producen gran parte de los antibióticos y muchos de los esteroides existentes y la mayor parte del agua es requerida para procesos de limpieza.

Los niveles de uso de agua en la industria química y farmacéutica se resumen en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12
Niveles de Uso de Agua en Industria Química y Farmacéutica

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Química		
Nitrógeno	30.0 – 70.0	1
Etileno	10.0 – 30.0	1
Amoniaco	7.0 – 15.0	1
Acido Fosfórico	10.0 – 20.0	1
Propileno	9.0 – 18.0	1
Polietileno	4.0 – 9.0	1
Cloro	6.0 – 12.0	1
Acido Sulfúrico	3.0 – 7.0	1
Oxígeno	1.0 – 2.0	1
Fabricación de sustancias químicas industriales básicas, excepto abonos	160.0	2
Fabricación de abonos y plaguicidas	270.0	2
Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, barnices y lacas	7.7	2
Refinerías de Petróleo	18.0	2
Farmacéutico		
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	7.7	2
Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos	2.0	2

(1) USDOE. Water Use in Industries of the Future. 2003.

(2) Water for Industrial Uses. 1963.

4.6 CIU 36. Cerámicas, Cemento y Vidrios.

No existe mucha información para estos procesos. La información del proyecto PERFORM realizado en el Reino Unido permite incluir datos para este ítem.

Este proyecto se orientó a determinar usos del agua a partir de información generada por los mismos usuarios. Los tipos de empresa que se incluyó en este proyecto son los siguientes:

- Cemento
- Cerámica
- Vidrio

La información específica de este proyecto se presenta en la Tabla 4.13.

Tabla 4.13
Requerimientos Máximos y Mínimos de Agua en Producción de Cemento, Vidrio y Cerámica (m³ de agua por tonelada de producto)

Actividad	Menor Uso	Mayor Uso	Datos Reportados
Cemento	0.026	3.904	49
Cerámica	0.060	0.066	4
Vidrio	4.0	17.9	4

Fuente: Proyecto PERFORM (2003)

Los niveles de uso de agua en la industria de vidrio, cemento y cerámica se resumen en la Tabla 4.14.

Tabla 4.14
Niveles de Uso de Agua en Industria de Cemento, Vidrio y Cerámica

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Cemento, Vidrio y Cerámica		
Cemento	4.0	1
Cerámica	0.1	2
Vidrio	20.0	1

(1) PERFORM 2003.

(2) Water for Industrial Uses. 1963.

4.7 CIU 37. Industrias Metálicas Básicas y Metalúrgicas

La industria del acero se caracteriza por el gran uso de agua en sus procesos productivos. Ella puede ser dividida en tres categorías básicas:

- Fábricas Integradas, que usan mineral, coque, piedra caliza, energía y agua para generar sus productos
- Fábricas Menores, que utilizan chatarra para producir una pequeña variedad de productos
- Plantas de acabado, que utilizan aceros sin procesar para generar productos para mercados específicos

El agua en la industria del acero se utiliza principalmente para tres propósitos:

- Acondicionamiento del material, donde el agua se usa como control de polvo en plantas de sintenzado, para mezclar con la escoria y desechos de los hornos, como solvente en operaciones de descapaje y para la limpieza y enjuague en operaciones de laminado
- Control de la polución del aire, principalmente en operaciones primarias en fábricas integradas
- Enfriamiento de hornos y gases

Los equipos e instalaciones que usualmente están involucrados en los procesos de producción del acero y que son los principales consumidores de agua de ésta industria son:

- Altos hornos
- Hornos Martin-Siemens
- Hornos de oxígeno básico
- Hornos eléctricos
- Fundiciones
- Tratamientos de calor
- Decapaje con ácido
- Plantas de Coke
- Plantas de escoria

En general todo el material producido en una planta de acero tiene como origen los altos hornos, los cuales tienen diámetros que varían entre 4.8 y 8.4 metros y una altura que puede alcanzar los 30 metros. Un equipo de estas características requiere entre 3.78 y 18.9 m³/min para efectuar los procesos de enfriamiento y lavado. El agua utilizada para enfriar es descartada a las alcantarillas. Dependiendo de la temperatura con que ésta se encuentre, podrá ser descartada a cursos de agua natural sin tratamiento previo. Si la temperatura es muy elevada, el agua utilizada debe pasar por torres de enfriamiento. Muchas veces el agua enfriada en dichas torres es recirculada para ser nuevamente usada como agua de enfriamiento en los hornos.

El agua utilizada en el proceso de limpieza puede ser descartada a la alcantarilla si la dilución con aguas más limpias es suficiente o puede ser tratada en caso que sea necesario. Existe la posibilidad de generar un sistema cerrado, donde el agua utilizada es recirculada para el lavado de los gases, en dicho caso un volumen de agua de lavado de 75.6 m³/min puede ser reducido a una descarga de sólo 0.378 a 0.756 m³/min.

Los hornos de Martin-Siemmens producen acero de cargas de chatarra, hierro y materiales de escoria. Tal como en los altos hornos, los Martin-Siemmens utilizan una gran cantidad de agua para los procesos de enfriamiento, dicho valor se encuentra generalmente entre 2.84 m³/min para hornos pequeños, y puede crecer hasta 5.67 m³/min para unidades más grandes.

El tratamiento del acero en un baño ácido, es conocido como descapaje ácido. En este proceso se remueve el óxido de la superficie del acero dejándolo brillante. El proceso de enjuagado puede requerir entre 189 y 378 l/ton decapada.

La mayor porción del agua utilizada en las faenas de producción se ocupa en los procesos de enfriamiento de turbinas, compresores, enfriadores de gas, condensadores de vapor y hornos entre otros. El gas producido en estos últimos es nuevamente utilizado como combustible para otros equipos, por lo que otra gran cantidad de agua es utilizada en el lavado y limpieza del gas generado para evitar la obstrucción de válvulas y tuberías. Dicho proceso requiere entre 11 y 16 m³/ton de acero producida diariamente (150 ton agua/ton producida). Dado que el volumen de residuos producidos en este proceso es considerable, este material vuelve a ser procesado en los hornos de fundición y plantas sinterizadoras.

Fraciones menores de agua, pero que requieren una mejor calidad, son utilizadas en las calderas presentes en las fábricas de acero. Si la planta autosumistra sus requerimientos de vapor y energía, la alimentación de las calderas usualmente alcanza un valor de 1.9 m³/ton diaria producida. Gran parte de este volumen es recuperado mediante condensación. En términos de uso del agua la industria del acero se puede desglosar en tres operaciones que son las de mayor consumo.

- Laminado en calor, y la producción de coque que utilizan agua en rangos que oscilan entre los 26.5 y 34 m³/ton de producto, incluyendo el agua reciclada.
- Altos hornos, hornos de oxígeno básico, hornos eléctricos y laminado frío que utilizan entre 9.5 y 15 m³/ton de producto, incluyendo el agua reciclada.
- Descapaje, coberturas y sinterizado que utilizan entre 0.8 y 6.8 m³/ton producida.

En general para una industria integrada de acero los volúmenes de agua utilizados varían entre los 76 y 151 m³/ton de acero producida.

La industria metalúrgica comprende una amplia gama de procesos, productos y materiales. Así, el consumo de agua puede variar considerablemente entre una empresa y otra. El rubro metalúrgico produce materiales férricos y no férricos, y posee una serie de sistemas de tratamiento que afectan la forma, tamaño y configuración de los productos generados. La industria metalúrgica incluye cualquier empresa que cumpla las siguientes funciones:

- Remoción de Metal, tal como sucede en una planta de maquinarias.
- Moldes de Metal, como la industria de sellos y estampas.
- Uniones de Metal, como empresas soldadoras.
- Acabado de Metales, tales como pintura y limpieza.

Cada uno de los sectores mencionados posee procesos que consumen agua según sus requerimientos. Dentro de estos procesos se encuentran: el cortado y limado de metales, que requiere de lubricantes y agua para evitar el calentamiento de los equipos, los tratamientos de

calor, donde se calientan y enfrían los metales para obtener propiedades específicas y el uso de agua para limpiar el aire contaminado en faenas de pintura.

Los niveles de uso de agua en la industria de producción de metales y metalúrgica se resumen en la Tabla 4.15.

Tabla 4.15
Niveles de Uso de Agua en Industria de Producción de Metales

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	76.0 – 150.0	1
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	77.4	2
Recuperación y fundido de plomo y zinc	77.4	2
Refinación y fundición de metales preciosos	4.2	2

(1) Lund (1970)

(2) Water for Industrial Uses. 1963.

calor, donde se calientan y enfrían los metales para obtener propiedades específicas y el uso de agua para limpiar el aire contaminado en faenas de pintura.

Los niveles de uso de agua en la industria de producción de metales y metalúrgica se resumen en la Tabla 4.15

Tabla 4.15
Niveles de Uso de Agua en Industria de Producción de Metales

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	76.0 - 150.0	1
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	77.4	2
Recuperación y fundido de plomo y zinc	77.4	2
Refinación y fundición de metales preciosos	4.2	2

(1) Lund (1970)

(2) Water for Industrial Uses 1963.

4.8 CIU 38. Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo.

No existe mucha información para estos procesos. La información del documento Water for Industrial Uses entrega un valor que se utilizará para una recomendación, la que se entrega en la Tabla 4.16

Tabla 4.16

Niveles de Uso de Agua en Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo

TIPO DE PRODUCTO	USO DEL AGUA (m ³ /Ton de producto)	FUENTE
Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo		
construcción maquinaria	4.2	1

(1) Water for Industrial Uses 1963

5. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua en actividades industriales. Es importante indicar que en este caso los datos recopilados corresponden en general a información internacional, requiriéndose estudios más detallados para elaborar información sobre requerimientos nacionales.

Tabla 5.1

CIUU 31: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Alimentos		
USOS	VALOR	UNIDAD
Carne, aves y pescados		
Agua para proceso de bovino o equino (matadero)	20.0	m ³ /Ton
Planta de proceso	35.0	m ³ /Ton
Planta de empaquetado	35.0	m ³ /Ton
Fábrica de cecinas	25.0	m ³ /Ton
Frutas y vegetales		
Conservas de frutas	35.0	m ³ /Ton
Conservas de vegetales	35.0	m ³ /Ton
Congelados de vegetales	12.0	m ³ /Ton
Jugos de frutas	16.0	m ³ /Ton
Mermeladas	16.0	m ³ /Ton
Industria lechera		
Uso de agua para producción lechera	5.0	m ³ /Ton
Bebidas		
Industrias vinícolas	21.0	m ³ /Ton
Bebidas Malteadas	10.0	m ³ /Ton
Cerveza	10.0	m ³ /Ton
Bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas	6.0	m ³ /Ton

Tabla 5.2

CIUU 32: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Textiles y Cuero		
USOS	VALOR	UNIDAD
Textiles		
Hilado, tejido y acabado de textiles	30.0	m ³ /Ton
Fabricación de tejidos de punto, tapices y alfombras	33.0	m ³ /Ton
Fabricación de cordelería	10.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de algodón, lana y sus mezclas	40.0	m ³ /Ton
Tejidos y manufacturas de fibras artificiales y sintéticas	62.0	m ³ /Ton
Cuero		
Fabricación de prendas de vestir mediante el corte y costura de cuero	30.0	m ³ /Ton
Curtidurías y talleres de acabado	49.0	m ³ /Ton
Fabricación de calzado	5.0	m ³ /Ton

Tabla 5.3

CIU 33: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria y Productos de la Madera

USOS	VALOR	UNIDAD
Madera		
Aserraderos, talleres de cepilladura y otros talleres para trabajar madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de envases de madera	0.6	m ³ /Ton
Fabricación de muebles y accesorios	0.6	m ³ /Ton

Tabla 5.4

CIU 34: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Papel y Celulosa

USOS	VALOR	UNIDAD
Celulosa		
Proceso de Celulosa Sistema Kraft	110.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico	35.0	m ³ /Ton
Proceso de Celulosa Sistema Termomecánico, Químicamente Blanqueado	75.0	m ³ /Ton
Papel		
Total (sin agua de enfriamiento)	90.0	m ³ /Ton
Papel Fino	35.0	m ³ /Ton
Papel tipo Tissue	90.0	m ³ /Ton
Papel Corrugado	35.0	m ³ /Ton
Papel de Diario	65.0	m ³ /Ton

Tabla 5.5

CIU 35: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria Química y Farmacéutica

USOS	VALOR	UNIDAD
Química		
Nitrogeno	70.0	m ³ /Ton
Etileno	30.0	m ³ /Ton
Amoniaco	15.0	m ³ /Ton
Acido Fosfórico	20.0	m ³ /Ton
Propileno	18.0	m ³ /Ton
Polietileno	9.0	m ³ /Ton
Cloro	13.0	m ³ /Ton
Acido Sulfúrico	7.0	m ³ /Ton
Oxigeno	2.0	m ³ /Ton
Fabricación de sustancias químicas industriales básicas, excepto abonos	160.0	m ³ /Ton
Fabricación de abonos y plaguicidas	270.0	m ³ /Ton
Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, barnices y lacas	8.0	m ³ /Ton
Refinerías de Petróleo	18.0	m ³ /Ton
Farmacéutico		
Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos	8.0	m ³ /Ton
Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos	2.0	m ³ /Ton

Tabla 5.6

CIU 36: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Cemento, Vidrio y Cerámica

USOS	VALOR	UNIDAD
Cemento, Vidrio y Cerámica		
Cemento	5.0	m ³ /Ton
Cerámica	0.8	m ³ /Ton
Vidrio	30.0	m ³ /Ton

Tabla 5.7

CIU 37: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Industria de Producción de Metales

USOS	VALOR	UNIDAD
Metales		
Industrias básicas de hierro y acero	150.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundición de cobre y aluminio	80.0	m ³ /Ton
Recuperación y fundido de plomo y zinc	80.0	m ³ /Ton
Refinación y fundición de metales preciosos	8.0	m ³ /Ton

Tabla 5.8

CIU 38: Requerimientos Máximos de Uso de Agua en Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo

USOS	VALOR	UNIDAD
Fabricación de Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo		
Construcción maquinaria	6.0	m ³ /Ton

6. REFERENCIAS

6.1 Libros Técnicos

- North Carolina Department of Environment and Natural Resources et. al Water Efficiency Manual 2002
- Water Use in Industries of the Future. U.S. Department of Energy. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003.
- Waste Not, Want Not The Potential for Urban Water Conservation in California Pacific Institute. 2003.
- Sustainable water use in Europe. Part 1: Sectoral use of water. European Environment Agency 1999.
- Guías Técnicas para el Control y Prevención de la Contaminación Industrial – CONAMA RM
- Lund. Industrial Pollution Control Handbook. 1970.

6.2 Páginas Web

- <http://biology.uwsp.edu/faculty/DPost/nibi/facts.html>
- http://familytreemaker.genealogy.com/users/s/r/v/Pattamada-K-Swamy/FILE_0011/page.html
- http://www.utexas.edu/pyme/esp/infopyme_archive/julio98/articulos798_3.html
- http://pdf.incondelvaqo.com/agua_4.html
- <http://www.acnatsci.org/education/river/page1.html>
- http://www.pcsmedioambiente.com/hechos_de_agua4.htm
- <http://www.alpalitnes.com/articles/WhatChicken.htm>
- <http://www.aquasargentinas.com.ar>
- <http://www.animalconnectiontx.org/home/ecological.htm>
- <http://www.austell.org/pw/divisions/water/facts.htm>
- <http://www.bir.org/biruk/press/pr217.pdf>
- <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/ip/ip1s/ip1s.htm>

- [http://www.cbwa-bottledwater.org/en/CBWA%20Official%20Response%20Summary%20\(Final\).pdf](http://www.cbwa-bottledwater.org/en/CBWA%20Official%20Response%20Summary%20(Final).pdf)
- http://www.city.brantford.on.ca/environmental/water_facts.htm
- <http://www.enyd.hc.edu.uy/DMA.pdf>
- <http://www.extremaduralalternativa.net/educacion/papel.htm>
- <http://www.flex.com/~jai/articles/101.html>
- <http://www.fortmorgantimes.com/Stories/0,1413,164%257E8315%257E2811033,00.html>
- http://www.qlobalchange.umich.edu/globalchange2/current/lectures/freshwater_supply/freshwater.html
- http://www.incard.com/department_article.asp?articleid=544
- http://www.infoforhealth.org/pr/prs/sm14/sm14chap6_2.shtml
- http://www.ioet.org/iel_conservation.html
- <http://www.leonardodicaprio.org/whatsimportant/water.htm>
- http://www.opensewer.com/articles/2001-06-02-sell_it/sell_it1.htm
- <http://www.tribuneindia.com/2002/20020302/windows/main1.htm>
- http://www.vegsource.com/articles/pimentel_water.htm
- <http://www.veoliawater.com/en/services/industrial-customers/>
- http://www.veoliawaterna.com/business_and_industry/markets/pulp_and_paper.htm
- <http://www.wbu.com/edu/brochures/WhoopingCraneVitalWater.pdf>
- <http://www.worldveganday.org/html/modules.php?name=News&file=article&sid=882>
- <http://www.worldwatch.org/features/consumption/sow/trendsfacts/2004/03/03/>

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN
REQUERIMIENTO DE AGUA PARA TURISMO

DOCUMENTO DE DISCUSION DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTO DE AGUA PARA TURISMO

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará, por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas"

Para obtener información relevante sobre consumos de agua para la actividad turística se llevó a cabo una recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, basándose en publicaciones diversas encontradas en libros técnicos y en diferentes sitios de Internet dedicados al estudio del uso eficiente del agua y a estadísticas relacionadas con su uso en actividades turísticas.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector turismo es la dotación de producción, la que corresponde al requerimiento de agua en volumen por pasajero y por día (o noche en algunos casos).

3. INFORMACIÓN DISPONIBLE

El turismo es hoy la mayor industria mundial y una de las que más afecta al medio ambiente. En 1999 más de 657 millones de personas viajaron fuera de las fronteras de sus países en viajes de turismo, según la Organización Mundial del Turismo (OMT).

Los ingresos del turismo internacional en 1999 ascendieron a 449 billones de dólares, cifra en la que no se incluyen los pasajes aéreos. El turismo tiene efectos positivos, pero también negativos. Entre los positivos está la creación de empleo, el incremento de los ingresos económicos, el permitir mayores inversiones en la conservación de espacios naturales, el evitar la emigración de la población local, la mejora del nivel económico y sociocultural de la población local, la comercialización de productos locales, el intercambio de ideas, costumbres y estilos de vida y la sensibilización de los turistas y de la población local para proteger el medio ambiente (Florez, 2004).

Entre los efectos negativos, tan importantes como los positivos, está el incremento del consumo de suelo, agua y energía, la destrucción de paisajes al crear nuevas infraestructuras y edificios, el aumento de la producción de residuos y aguas residuales, la alteración de los ecosistemas, la introducción de especies exóticas de animales y plantas, el inducir flujos de población hacia las zonas de concentración turística, la pérdida de valores tradicionales y de la diversidad cultural, el aumento de la prostitución (turismo sexual), el tráfico de drogas y las mafias, más incendios forestales y el aumento de los precios que afecta a la población local, que a veces pierde la propiedad de tierras, casas, comercios y servicios (Florez, 2004).

El turista medio en España consume 440 litros diarios de agua, que llegan a 880 litros en los hoteles de lujo, y además este consumo se produce en los meses más secos. La importancia de ahorrar agua es clave. Utilizar tecnologías eficientes en grifos y retretes, construir instalaciones para recoger el agua de lluvia, cambiar las toallas y sábanas sólo cuando sea necesario, usar plantas autóctonas en los jardines e informar a los clientes sobre la necesidad de ahorrar agua. Paralizar la construcción de nuevos campos de golf (Florez, 2004)

Información obtenida en la Agencia Ambiental del Reino Unido se refiere a los programas de uso del agua en pequeños hoteles y moteles, los que han llevado a reducir los consumos a valores entre 240 y 730 l/pasajero/día. Estos datos se presentan resumidos en la Tabla 3.1, donde se observa la gran variabilidad de valores, los que están a su vez relacionados con el número de habitaciones de cada hotel (Environment Agency UK, 2003).

En los EEUU se ha desarrollado el programa WAVE (Water Alliances for Voluntary Efficiency) el cual se orienta a optimizar el uso del agua en la industria hotelera. Este programa se complementa con otros como el Saving Water Partnership desarrollado en Seattle y que también busca mejorar la eficiencia en el uso del agua por parte de la industria hotelera. Información de estos programas indica que un hotel con un servicio limitado consume alrededor de 130 a 250 l/pasajero/día, mientras que un hotel de lujo alcanza valores entre 300 y 420 l/pasajero/día (Guillemin, 2004)

En el caso de Barbados se tiene que el consumo de agua en hoteles varía más de un 400% entre hoteles con el mismo tipo de servicio. En términos promedio se tiene que los consumos de agua en esta zona oscilan entre 300 l/pasajero/día y 700 l/pasajero/día. Datos sobre cinco hoteles específicos de Barbados se presentan en la Tabla 3.2 (Baily, 2000).

Tabla 3.1
Consumo Unitario de Agua en Hoteles Pequeños en Reino Unido

HOTEL	HABITACIONES	TASA DE USO DE AGUA (l/pasajero/día)	
		ANTERIOR	ACTUAL
Falcondale Mansion Hotel: Near Lampeter, mid-Wales	21	448	359
Gwesty'r Llew Coch: Dinas Mawddwy, North Wales	6	1547	722
Castell Malgwyn Country Estate Hotel: On the banks of the River Teifi, West Wales	20	787	573
Gwydyr Hotel: Betws y Coed, North Wales	20	509	431
Hafod Country House: Near Llanrwst, Conway Valley, North Wales	6	401	341
Hafod Country House: Near Llanrwst, Conway Valley, North Wales	10	607	257
Neuaddlas Guest House: Near Tregaron, Mid Wales	6	373	240
Penbontbren Farm Hotel: Near Cardigan, West Wales	10	546	406

Fuente: Environment Agency UK (2003)

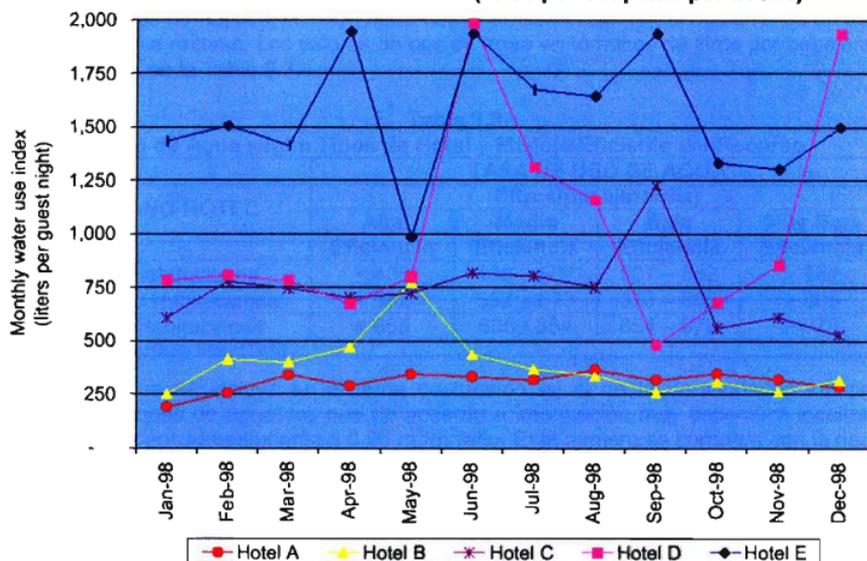
Tabla 3.2
Características de Hoteles en Barbados

INFORMACION	HOTEL				
	A	B	C	D	E
HABITACIONES	166	49	29	161	354
COSTO DIARIO (US\$)	220	145	835	660	690
OCUPACION (%)	95	80	70	72	66
PISCINAS	2	1	1	1	10
CONSUMO ANUAL (L/pasajero/día)	307	382	737	1020	1550

Fuente: Hagler Bailly (2000)

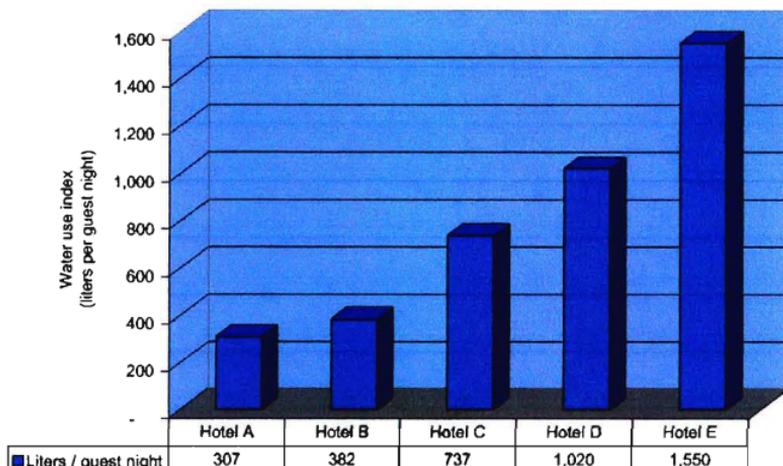
Información sobre el consumo de agua en estos cinco hoteles de Barbados se presenta en las Figuras 3.1 y 3.2, para datos mensuales y anuales, respectivamente.

Figura 3.1
Consumo Unitario a Nivel Mensual (litros por ocupante por noche)



Fuente: Hagler Bailly (2000)

Figura 3.2
Consumo Unitario a Nivel Anual (litros por ocupante por noche)



Fuente: Hagler Bailly (2000)

Información sobre el uso de agua en la actividad turística a nivel internacional se muestran en un documento preparado por Hagler Bailly Inc (1999). Este documento hace mención al uso de agua en tres tipos de hoteles, considerando desde un uso eficiente del agua, hasta un uso muy ineficiente de este recurso. Los valores de uso de agua en términos de litros por pasajero y por día se muestran en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3
Uso de Agua según Tipos de Hotel y Manejo Eficiente del Recurso

TAMAÑO HOTEL	TASA DE USO DE AGUA (litros/pasajero/día)			
	Alta Eficiencia	Media Eficiencia	Baja Eficiencia	Muy Baja Eficiencia
< 50 Habitaciones	< 438	438 – 507	507 – 582	> 582
50 – 150 Habitaciones	< 582	582 – 673	673 – 805	> 805
> 150 Habitaciones	< 665	665 - 854	854 – 979	> 979

Fuente Modificado de Hagler Bailly (1999)

Otro aspecto que se incluye en el tema de turismo es el de la demanda de los parques acuáticos o parques de agua, los que de acuerdo a información muy específica localizada en Internet alcanza aproximadamente a $0.96 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{año}$. Este número se compara con la demanda de agua para complejos de departamentos, los que alcanzan a $3.35 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{año}$ (Hoffmeyer, 2004).

Finalmente se incluye el aspecto de agua para consumo en campamentos de verano (camping) el que de acuerdo a cifras internacionales (Baseline Water Consumption Worksheet, 2005) alcanza a 55 galones de agua por persona por día, lo que nos da una cifra cercana a 210 litros por campista por día.

4. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua para la industria del turismo. Esta propuesta se resume en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1
Dotación de Producción para Actividad Turística

USOS	VALOR	UNIDAD
Hoteles y moteles con servicios básicos	400	l/pasajero/día
Hoteles de Lujo	800	l/pasajero/día
Parques de Agua	1.0	m ³ /m ² /año.
Camping	210	L/campista/día

5. REFERENCIAS

Guillemin, R. Water Efficiency for Hotels. EPA New England. Coalition for Environmentally Responsible Conventions. 2004.

Tourism. Stationery Office. Nairobi, 1993.

France, L. et al. The Earthscan Reader in Sustainable Tourism. Londres: Earthscan, 1997.

Honey, M. Ecotourism and Sustainable Development. Washington: Island Press, 2000.

Hagler Bailly. Water management practices in the hotel industry in Barbados. United States Agency For International Development (USAID). 2000.

Hagler Bailly. Improving water use efficiency in Jamaican hotels and resorts through the implementation of environmental management systems. Universities Council on Water Resources. 1999.

Iniesta, J. Las consecuencias del modelo urbano-turístico de la costa dorada sobre los recursos hídricos: El caso de Torredembarra. IV CONGRESO IBÉRICO SOBRE GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN DEL AGUA. 2004.

Florez, J. Turismo y Medioambiente. Tribuna de la Mediterrania. 2004.

Environment Agency UK. Savewater: The hotels water efficiency project. 2003.

Hoffmeyer, D. Palmdale Water District. Opinión dada en página Internet:
<http://www.palmdalewater.org/forum/>

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN
REQUERIMIENTO DE AGUA EN ACUICULTURA

DOCUMENTO DE DISCUSION DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTO DE AGUA EN ACUICULTURA

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará, por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas".

Para obtener información relevante sobre consumos de agua en acuicultura se llevó a cabo una recopilación de antecedentes tanto a nivel nacional como internacional, basándose en documentos técnicos y en información extraída desde diferentes sitios de Internet. Lo anterior permitió estimar los requerimientos específicos de agua en la actividad productiva ligada con la producción y cría de peces.

2. INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

Como parte de este trabajo se contactó a la Unidad de Acuicultura del Departamento de Administración Pesquera del Servicio Nacional de Pesca, quienes aportaron valiosa información para evaluar el consumo de agua en la industria de Acuicultura en Chile.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector acuicola es la dotación de consumo, la que corresponde al requerimiento de agua en volumen por unidad de biomasa.

3. ANTECEDENTES GENERALES DE LA ACUICULTURA

3.1 Generalidades

En un cultivo de peces se distinguen tres etapas principales: incubación de las ovas, alevinaje y engorda de los peces. En un sistema tipo de acuicultura se utilizan cuatro sistemas para desarrollar las tres etapas mencionadas: un sistema de incubamiento, un sistema de circulación simple para el alevinaje, y un sistema de recirculación parcial y de recirculación total para la engorda de peces.

El sistema de incubamiento consiste en un estanque que contiene las ovas, donde el agua se hace recircular por las incubadoras mediante bombas. Al momento de extraer agua del sistema se debe ingresar agua adicional para mantener una altura de agua pareja en el estanque. El agua extraída se pasa por un filtro UV antes de reingresar a las cámaras, para desinfectarla.

El sistema de circulación simple consiste en un estanque con un tubo en el centro constituido por cribas, que retiene a los peces dentro del tanque. Dentro de este tubo, en la base del estanque, se encuentra un sistema de drenaje, que permite extraer agua. Además, existen tuberías externas que permiten extraer el agua para desinfectarla e inyectarle oxígeno disuelto para reducir las cantidades de dióxido de carbono.

El sistema de recirculación parcial consiste en estanques con un sistema de drenaje ubicado en el fondo de los mismos, específicamente en el centro. El agua se drena y se filtra, y luego pasa a un sumidero, desde donde es bombeada hacia una columna de aireación. Luego pasa a un oxigenador y retorna al tanque de cultivo.

El sistema de recirculación total consiste en un estanque profundo, con sistemas de drenaje laterales y en el fondo del estanque. Asimismo se incluyen estructuras para la entrada de agua, en las cuales se tiene una mezcla mediante rotación. El agua se extrae por el drenaje del fondo y se filtra, para luego pasar a un sumidero. Parte de esta agua se combina con agua proveniente de los drenajes laterales, donde se va filtrando a medida que pasa. El agua se pasa por biofiltros, luego se airea para eliminar el dióxido de carbono, se oxigena y se finalmente pasa por un filtro UV para desinfectarla antes de reingresarla al sistema.

En una instalación acuícola, es de vital importancia mantener la calidad del agua. Según sea la especie, se deben mantener ciertos rangos de temperatura que permitan el desarrollo óptimo de los peces. Se debe mantener un pH neutro para no alterar la alimentación y crecimiento de los peces; se deben mantener bajos niveles de CO_2 , ya que interfiere con la capacidad de los peces para captar O_2 y aumenta los niveles de pH. También se deben regular los niveles de nitritos en el agua, ya que pueden causar la muerte de los peces. Además, el agua debe mantenerse en movimiento, tanto para renovar la cantidad de O_2 como para mantener una distribución homogénea de los peces, necesaria para conseguir una uniformidad de tamaños.

3.2 Requerimientos de Agua, Uso y Conservación

Los sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) necesitan menos del 10% de agua y mucho menos terreno que los requeridos por otros sistemas para producir la misma cantidad de peces. La información que se resume a continuación ha sido extractada del libro de Timmons et al (2002).

La Tabla 3.1 proporciona una comparación del agua y terreno utilizada por Kg de pescado producido. El sistema SRA (Sistemas de Recirculación para la Acuicultura) asume un cultivo de Tilapia con una densidad de 100 Kg/m³, una tasa de alimentación de 1% y una conversión de 1:1. Actualmente algunas operaciones de SRA están usando menos agua, densidades más altas y condiciones de conversiones por alimento similares. Los SRA permiten producción durante todo el año, volúmenes consistentes de producto y un control ambiental completo. El hecho que se pueda instalar un SRA diseñado para producir semanalmente el mismo volumen de pescado, proporciona una ventaja competitiva sobre los sistemas de estanques y lagunas al aire libre, los que presentan cosechas estacionales y esporádicas.

Tabla 3.1
Uso de Agua por Tonelada de Producción en Acuicultura

Especie y Sistemas	Intensidad de Producción	Agua Necesaria
	(Kg/Há/año)	(m ³ /Ton)
Tilapia del Nilo (Lagunas)	17,400	21,000
Bagre de Canal (Lagunas)	3,000	3,000 – 5,000
Trucha Arcoiris (raceways)	150,000	210,000
Camarón Panaeido (Lagunas)	4,200 – 11,000	11,000 – 21,340
Tilapia del Nilo (SRA)	1,340,000	100

La información disponible indica que los sistemas tipo SRA ofrecen un alto grado de control ambiental. Esto no sólo alivia los riesgos de la acuicultura en un sistema abierto (desastre natural, contaminación y enfermedades) sino también permite el crecimiento óptimo de las especies. Una optimización similar se observa en la industria avícola en la cual los animales fueron llevados a sistemas cerrados, compensándose el costo adicional del control ambiental con las altas productividades obtenidas.

En el pasado, la producción intensiva de peces utilizaba un flujo abierto de agua con dos propósitos: (1) para proporcionar oxígeno a los peces, y (2) para retirar los residuos producidos por el sistema (subproductos metabólicos y otros desechos) de manera que no se acumularan en el lugar ni en los alrededores del centro de cultivo a niveles indeseables.

Más recientemente, la capacidad de carga de un centro de cultivo de flujo abierto de agua ha sido limitada por imposición de regulaciones locales de emisión. Por ejemplo, el cultivo tradicional de trucha requiere de un volumen relativamente abundante de agua para la producción en estanque de flujo abierto o en "raceways". La empresa Clear Springs Trout (Buhl, Idaho), establecida en 1966, produjo 8,200 toneladas de trucha en 1990 y es el productor más grande de trucha arcoiris para consumo humano del mundo (MacMillan, 1992 citado en Timmons et al. 2002). De acuerdo con MacMillan, Clear Springs utilizó 22.6 m³/s de agua para proporcionar el flujo necesario para cinco reutilizaciones en serie a través de "raceways" de concreto. La producción anterior junto al consumo de agua promedio indica una cantidad de agua necesaria en el orden de 90,000 m³ de agua por tonelada de trucha producida.

Para disminuir el impacto medioambiental de la acuicultura, las prácticas de producción y tecnologías están adoptando medidas para minimizar la producción de residuos, conservar el agua, y concentrar los residuos en corrientes más pequeñas durante el cultivo de peces, de aquí el creciente interés en los sistemas SRA.

Tradicionalmente, los sistemas de flujo abierto pueden producir aproximadamente 6 Kilogramos de peces anualmente por cada 1 Litro por minuto de agua fresca consumida (alrededor de 88,000 m³ por tonelada de peces). Al reutilizar o recircular el 80% a 90% del agua antes de eliminarla, los sistemas de reutilización parcial pueden producir tanto como 48 Kilogramos de peces anuales por cada 1 Litro por minuto de flujo de agua fresca, es decir alrededor de 11,000 m³ de agua por tonelada de peces.

En el caso externo de un sistema SRA con un 100% de reutilización los requerimientos de agua se basan sólo en las pérdidas por evaporación y humedad contenida en los residuos sólidos, esto significa que se puede lograr una producción por unidad de volumen de agua cientos de veces mayor a aquella lograda en sistemas tradicionales.

4. INFORMACIÓN NACIONAL SOBRE CONSUMOS DE AGUA EN ACUICULTURA

Tal como se mencionó al inicio de este documento se solicitó información a SERNAPESCA sobre los centros de cultivo que utilizan aguas que requieren de derechos de aprovechamiento por parte de la DGA. En este sentido, el Departamento de Administración Pesquera del Servicio Nacional de Pesca mantiene una base de datos que contiene información de las solicitudes de acuicultura que se tramitan a Subsecretaría de Pesca. La información disponible indica que en su gran mayoría estas solicitudes son finalmente autorizadas.

Para requerir la autorización para su funcionamiento, el peticionario debe presentar la solicitud junto a la resolución de derechos de agua constituidos o bien acreditar que se encuentran en trámite de obtención. La mayoría de las solicitudes se presentan con los derechos de agua en trámite.

De la citada base de datos se seleccionó información que contiene los siguientes ítems:

- Año en que se pidió la solicitud
- Resolución de Subsecretaría de Pesca que autoriza la actividad.
- Región donde desarrolla la actividad
- Comuna
- Origen de las aguas que utiliza o utilizará en el centro de cultivo. En la mayoría de los casos aparece el nombre del cuerpo de agua
- Caudal que utiliza o utilizará. Todos estos derechos fueron solicitados a la DGA.
- Carta IGM de donde se obtuvieron las coordenadas geográficas del centro, detalladas en los dos ítem siguientes: Latitud y Longitud del centro.
- Especies autorizadas para cultivar.
- Producción máxima proyectada según proyecto técnico presentado al Servicio.

La información entregada por SERNAPESCA alcanza a 463 registros, los que corresponden a los años 1987 hasta 2005. En la Tabla 4.1 se indica la distribución de datos por región.

Tabla 4.1
Información de Centros de Producción por Regiones

REGION	NUMERO DE CENTROS
1	8
4	5
5	9
7	19
8	64
9	160
10	151
11	32
12	11
RM	4
TOTAL	463

Tal como se menciona anteriormente, la información disponible incluye datos de caudal solicitado (l/s), producción anual de peces (Ton por año) y especies autorizadas para cultivar. Para efectos de este análisis se ha separado sólo la información correspondiente a salmónidos, la que representa un total de 408 registros. En la Tabla 4.2 se indica el número de datos según especies.

Tabla 4.2
Información de Centros de Producción según Especies

ESPECIE	NUMERO DE CENTROS
Bagre de Canal	2
Camarón de río	3
Langosta	5
Salmónidos	408
Trucha Arco Iris	21
Otros	23
TOTAL	463

La revisión detallada de los datos disponibles sobre producción de salmónidos ha permitido identificar un conjunto menor de registros, los que disponen de información detallada que permite evaluar el requerimiento de agua por unidad de producción. En este caso, el número de registros se reduce a 347, los que fueron utilizados para analizar la información de manera estadística. En primer lugar se informa los valores de requerimiento de agua por unidad de producción en términos de los mínimos, máximos y medios aritméticos. En este caso esta información se presenta separada por regiones en la Tabla 4.3.

Los resultados anteriores muestran una situación bastante extrema en términos de los requerimientos máximos, los que se acercan a 80,000,000 m³/Ton en el caso de la Décima Región. Esta situación está relacionada directamente con una práctica habitual en actividades de acuicultura, en la cual se solicita un derecho de aprovechamiento no consuntivo que supera con creces las necesidades reales de los sistemas de producción. De esta forma, los valores

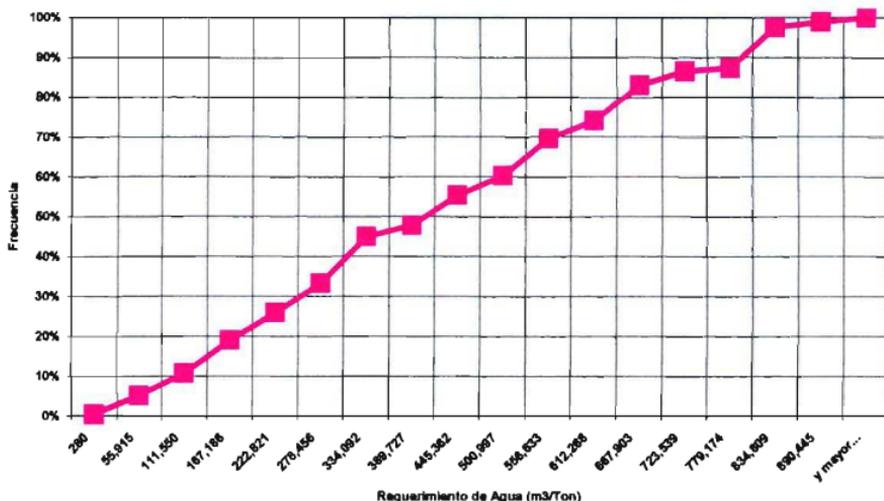
máximos en cada caso reflejan esta práctica habitual, la que supera los valores de literatura que se presentan en la Tabla 3.1 para truchas arcoiris, los que alcanzan 210,000 m³/Ton.

Tabla 4.3
Tasa de Requerimiento de Agua para Salmónidos
Valores Mínimo, Medio y Máximo (m³/Ton)

REGION	MINIMO	MEDIO	MAXIMO
7	14,555	485,295	1,576,800
8	2,102	910,894	4,730,400
9	3,761	730,577	5,634,432
10	15,154	2,049,665	78,840,000
11	9,499	478,190	1,892,160
12	280	409,507	1,103,760

Al unir toda la información se realizó un análisis de frecuencia de los datos disponibles, lo que se presenta en la Figura 4.1. Esta Figura permite visualizar que menos del 2% de los datos disponibles corresponde a datos de requerimiento de agua superiores a 1,000,000 m³/Ton, y que cerca del 50% de los datos el requerimiento es inferior a 440,000 m³/Ton, un poco más del doble que los datos de literatura a los que se ha hecho referencia previamente.

Figura 4.1
Análisis de Frecuencia de Tasas de Requerimiento de Salmónidos



Un aspecto adicional, de interés para este análisis, corresponde a la información de consumo unitario de agua en el caso de aquellos proyectos cuya fuente de abastecimiento es a través de pozos profundos o norias. En este caso se estima que existe una mayor racionalidad en cuanto a la solicitud del derecho de aprovechamiento de agua, lo que debiera reflejar de mejor manera el requerimiento de agua en esta actividad. Para el caso de la producción de salmones sólo 6

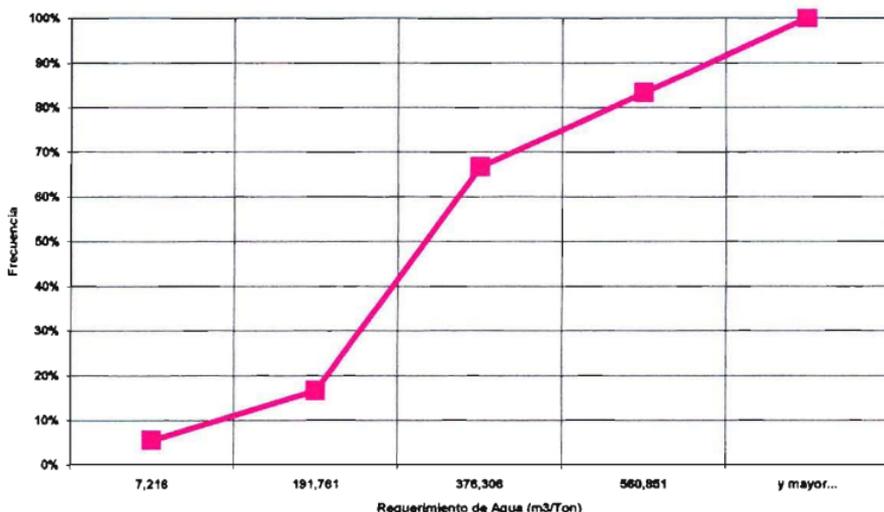
de las peticiones se basan en agua subterránea, con un rango de demanda unitaria entre 15,000 y 400,000 m³/Ton. Estos números indican que los requerimientos razonables de agua para esta actividad debieran ser inferiores a 400,000 m³/Ton. En la Tabla 4.4 se presenta la información resumida de estos centros de producción.

Tabla 4.4
Requerimiento de Agua en Proyectos Abastecidos con Agua Subterránea

REGION	CAUDAL (l/s)	PRODUCCIÓN (Ton/año)	TASAS DE REQUERIMIENTO	
			(l/s)/(Ton/año)	(m ³ /Ton)
10	37	77	0.5	15,154
10	2	1	2.0	63,072
10	15	7	2.1	67,577
7	115	50	2.3	72,533
10	16	2.5	6.4	201,830
7	100	7.9	12.7	399,190
7	100	7.9	12.7	399,190

Para continuar este análisis se utilizó la información sobre centros de producción de truchas arcoiris, los que incluyen 21 registros. La menor tasa de requerimiento alcanza a 7,000 m³/Ton, mientras que la mayor se empina por sobre los 3.0 millones de m³/Ton. El 90% de los registros es inferior a 750,000 m³/Ton, los cuales se utilizaron para desarrollar un análisis de frecuencia como el realizado para los salmónidos. Este análisis se presenta resumido en la Figura 4.2.

Figura 4.2
Análisis de Frecuencia de Tasas de Requerimiento de Trucha Arcoiris



Al analizar la información anterior se observa que el requerimiento de agua promedio para el caso de Trucha Arcoiris alcanza a valores cercanos a los 300,000 m³/Ton, lo que es algo superior al valor indicado en la Tabla 3.1.

La información proporcionada por SERNAPESCA hace referencia a los requerimientos de agua de otras especies, entre las cuales se cuenta el Bagre de Canal, el Camarón de Río y la Langosta de Río. La poca información disponible se presenta resumida en la Tabla 4.5 y se usa como base para la propuesta de requerimiento, junto a los datos internacionales que se muestran en la Tabla 3.1..

Tabla 4.5
Requerimiento de Agua Otras Especies

REGIÓN	ORIGEN AGUAS	CAUDAL UTILIZADO	ESPECIES A CULTIVAR	PRODUCCIÓN	TASAS DE REQUERIMIENTO
		(l/s)		(Ton)	(m ³ /Ton)
7	Pozo	3.26	Bagre de Canal	15	6,854
7	Pozo	80	Bagre de Canal	300	8,410
4	rio	36	Camarón de río del Norte	7	162,185
4	rio	200	Camarón de río del Norte	1.75	3,604,114
4	Rio Cogoti	50	Langosta Australiana	3.5	450,514
4	Vertiente	3.3	Langosta de Agua Dulce	3.9	26,684
5	Pozo	5	Langosta de agua dulce	2.2	71,673
5	Pozo	10	Langosta de agua dulce	8.2	38,459

5. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua para la industria de la producción acuicola o acuicultura. Esta propuesta se resume en la Tabla 5.1.

Como base de esta propuesta se ha considerado la información internacional apoyada con el análisis de datos nacionales que no reflejan un manejo adecuado de los recursos hidricos sino más bien una práctica habitual de solicitar más agua de la que realmente se requiere. Dado que este análisis debe apuntar a reflejar prácticas habituales, pero razonables, se ha considerado la definición de un requerimiento similar al valor medio indicado en el capítulo anterior de esta minuta para el caso de Salmones y Truchas. En el caso de Bagre, Camarón de Río y Langosta de Agua Dulce se ha adoptado valores coincidentes con la literatura internacional.

Tabla 5.1
Requerimiento de Agua para Acuicultura

USOS	VALOR	UNIDAD
Producción de Salmónidos	500.000	m ³ /Ton
Producción de Trucha Arcoiris	300.000	m ³ /Ton
Producción de Bagre	8.000	m ³ /Ton
Producción de Camarón de Río	30.000	m ³ /Ton
Producción de Langosta de Agua Dulce	70.000	m ³ /Ton

6. REFERENCIAS

Timmons, M., J. Ebeling, F. Wheaton, S. Summerfelt, y B. Vinci. Sistemas de Recirculación para la Acuicultura. Edición en Español. Fundación Chile. 2002.

Maryland Department of Aquaculture. State/Territory Permits and Regulations Impacting the Aquaculture Industry. 1995.

Davis, J. Water Use for Aquaculture. Proceedings of the 1986 Texas Fish Farming Conference. 1986

Tucker, C. Water Quantity and Quality Requirements for Channel Catfish Hatcheries. Southern Regional Aquaculture Center. 1991.

Landbased Aquaculture Development Guidelines. Fact Sheet. Primary Industries and Resources S A.

<http://www.wrc.wa.gov.au>

Water quality protection notes. Water and Rivers Commission. 2003.

Technologies, Procedures, and Economics of Cold-Water Fish Production and Effluent Treatment in Intensive Recycling Systems. The Conservation Fund. Freshwater Institute. 2003.

Water Quantity and Quality Requirements for Channel Catfish Hatcheries. Craig S. Tucker. SRAC Publication No, 461. 1991.

Effect of aquaculture effluent and treated wastewater on water use efficiency of wheat crop in Saudi Arabia. Ali A. Al-Jaloud and Ghulam Hussain. Diffuse Pollution Conference Dublin. 2003.

The Freshwater Institute Natural Gas Powered Aquaponic System - Design Manual. The Conservation Fund. Freshwater Institute. 1997.

Water Forecasts for Aquaculture. DHI - Water & Environment.

Operators Manual for 880 - Recycle System. James Caldwell. The Conservation Fund's Freshwater Institute. 1998.

Water use for Aquaculture. James T. Davis.

<http://www.feap.info>

Code of Conduct. Federation of European Aquaculture Producers.

State/Territory permits and regulations impacting the aquaculture industry. Joint Subcommittee on Aquaculture. 1995.

DOCUMENTO DE DISCUSIÓN

**REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA
HIDROELECTRICIDAD**

DOCUMENTO DE DISCUSION DETERMINACIÓN DE TASAS CARACTERÍSTICAS DE USO DEL AGUA SEGÚN SECTOR Y RUBRO

REQUERIMIENTOS DE AGUA PARA HIDROELECTRICIDAD

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la modificación del Código de Aguas se ha establecido la necesidad de que las solicitudes de derechos de aprovechamiento vengan acompañadas de una memoria explicativa en la que se señale la cantidad de agua que se necesita extraer, según el uso que se le dará. Para los efectos anteriores, la Dirección General de Aguas dispondrá de formularios que contengan los antecedentes necesarios para el cumplimiento de esta obligación. Dicha memoria se presentará, por parte del interesado, como una declaración jurada sobre la veracidad de los antecedentes que en ella se incorporen.

Lo anterior se encuentra incorporado dentro del Artículo 147 bis el que establece que: "El Director General de Aguas podrá, mediante resolución fundada, limitar el caudal de una solicitud de derechos de aprovechamiento, si manifiestamente no hubiera equivalencia entre la cantidad de agua que se necesita extraer, atendidos los fines invocados por el peticionario en la memoria explicativa señalada, y los caudales señalados en una tabla de equivalencias entre caudales de agua y usos, que refleje las prácticas habituales en el país en materia de aprovechamiento de aguas"

Para cumplir con los objetivos y plazos de este estudio se ha recurrido a la revisión de información disponible en bases de datos, bibliotecas y centros de referencia. Debido a lo corto de los plazos no se ha recurrido a la generación directa de información a través de encuestas o cuestionarios sino que se ha utilizado información previamente procesada.

Para obtener información relevante sobre uso de agua en la generación hidroeléctrica se utilizó información nacional correspondiente a centrales existentes y sus principales características técnicas.

La información necesaria para el caso de definir los requerimientos de agua en el sector hidroeléctrico son la Potencia Máxima (P_{MAX} , MW), el Caudal Turbinable o Máximo (Q_{MAX} , m³/s) y la Altura de Caída (ΔH , m). Estos serán relacionados entre sí para generar una recomendación para la Tabla de Requerimientos utilizando información nacional.

2. ASPECTOS HISTORICOS

Por sus atractivos como forma de energía, a nivel mundial el consumo de electricidad ha aumentado paulatinamente a lo largo del siglo XX, tanto con respecto a sí misma como en relación con otras formas de energía. Es así como, por ejemplo, a mediados del siglo XX alrededor del 20% de la demanda comercial de energía correspondía a energía eléctrica, en tanto que al iniciarse la última década de este siglo dicho porcentaje era del orden del 35%.

Actualmente aproximadamente el 64% de la electricidad consumida en el mundo es generada por centrales térmicas convencionales (la mayor parte de las cuales utilizan carbón como combustible), del orden del 19% por centrales hidroeléctricas y el 17% restante es producida por centrales nucleares (Harambour, 1999).

A partir de estas cifras podría pensarse que la generación hidroeléctrica no es demasiado atractiva. Ello, sin embargo, no es cierto, pues esta forma de generación tiene grandes atractivos en relación con la generación térmica (con combustibles tradicionales y nucleares), pues es una fuente de energía limpia y renovable, que no produce desechos tóxicos que de una forma u otra contaminan el ambiente; además, las centrales hidroeléctricas tienen pocas fallas y altos rendimientos, con lo que se consigue efectuar un elevado aprovechamiento de los recursos naturales (las grandes centrales hidroeléctricas tienen rendimientos medios superiores al 90%, en tanto que las centrales térmicas convencionales tienen rendimientos mucho menores; por ejemplo, las centrales que queman carbón tienen un rendimiento promedio comprendido entre 35% y 37%), por este motivo los países europeos, que tienen mayores índices de desarrollo que Chile, han desarrollado gran parte de su potencial hidroeléctrico.

En Chile las centrales hidroeléctricas producen anualmente más de 17.000 (GWh), que corresponde al 70%, aproximadamente, de la energía eléctrica que se consume cada año. Las principales centrales hidroeléctricas en operación son: Pehuenche, que, en promedio produce anualmente 2.870 (GWh); Colbún, con una producción media anual cercana a 2.470 (GWh); Pangue, que es capaz de producir una energía media anual cercana a 2.200 (GWh), y El Toro, con una producción media anual del orden de 1.690 (GWh).

Actualmente se considera que el potencial bruto teórico de Chile es del orden de 227.000 (GWh). Sin embargo esta cifra debe considerarse con cautela, dado que determinar el potencial hidroeléctrico técnicamente factible de desarrollar no es fácil, pues a medida que se cuenta con más antecedentes sobre las características y el comportamiento de las cuencas y, simultáneamente, cambian los estándares ambientales de la sociedad, puede variar la opinión sobre la factibilidad de desarrollar un proyecto específico, puede cambiar la potencia que se considera adecuada instalar o bien pueden surgir nuevas ideas acerca de cómo conviene aprovechar el potencial disponible. No obstante este hecho, con el propósito de ilustrar la magnitud del potencial técnico de Chile, es interesante destacar que según estudios desarrollados por ENDESA durante la década de 1970, que abarcaron desde la cuenca del río Lluta (la Región) por el norte, hasta la cuenca del río San Juan (12a Región) por el sur, es factible instalar una potencia cercana a los 18.800 (MW). Según dichos estudios los ríos que cuentan con los mayores potenciales hidroeléctricos son:

- Río Biobío (alrededor de 3.000 MW)
- Río Maule (alrededor de 2.300 MW)
- Río Baker (alrededor de 1.700 MW)

- Rio Yelcho (alrededor de 1.600 MW)
- Rio Pascua (alrededor de 1.400 MW)

Como se desprende de este listado, los principales proyectos hidroeléctricos se sitúan en las zonas sur y austral de Chile; particularmente en la Región de Aysén. Por su parte, para formarse una idea del potencial hidroeléctrico aún por desarrollar en Chile, cabe señalar que en el número de Julio de 1998 de la revista Electricidad Interamericana, se cita un estudio del Departamento de Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica de Chile, según el cual los principales recursos hidroeléctricos por desarrollar suman cerca de 13.500 MW.

Las principales centrales de generación que abastecen la parte central de Chile están interconectadas entre sí y con los centros de consumo más importantes, formando un sistema eléctrico conocido con el nombre de Sistema Interconectado Central (S.I.C.). Este sistema abarca un territorio de 326.000 (Km²), donde habita el 93% de la población de Chile. Las interconexiones entre centrales y centros de consumo están materializadas por un conjunto de líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje, que permiten transferir energía y potencia eléctrica en forma económica entre puntos distantes. En este sistema de transmisión las líneas de mayor voltaje son: (1) Ancoa - Alto Jahuel Circuito 1, con un voltaje de 500 (kV) y 240,3 (Km) de longitud, (2) Ancoa - Alto Jahuel Circuito 2, de 500 (kV) y 257,5 (Km) de longitud, y (3) El Rodeo - Polpaico, de doble circuito, con un voltaje de 500 (kV) y 62,2 (Km) de longitud.

Al año 1999 el S.I.C. era abastecido de energía y potencia con 42 centrales hidráulicas y térmicas, que, en conjunto, poseían una potencia instalada de 4.952 (MW). El 75,9% de dicha potencia provenía de centrales hidroeléctricas, en tanto que el 24,1% restante era aportado por centrales térmicas, que quemaban principalmente carbón.

3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para efectos de este análisis se recopiló información disponible en el sitio web del CDEC-SIC, en el cual se encuentran las características técnicas de las centrales hidroeléctricas pertenecientes a este sistema en Chile.

En particular se extrajo la información correspondiente al tipo de central (pasada o embalse), la Potencia Máxima (P_{MAX} , MW), Caudal Turbinable o Máximo (Q_{MAX} , m³/s) y Altura de Caída (ΔH , m). Esta información se presenta resumida en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1
Características Técnicas de algunas Centrales Hidroeléctricas Chilenas

CENTRAL HIDROELECTRICA	TIPO	P _{MAX} (MW)	Q _{MAX} (m ³ /s)	ΔH (m)
LOS MOLLES	PASADA	16.0	1.9	1153.0
ACONCAGUA	PASADA	72.9	20.2	654.3
LOS QUILOS	PASADA	39.3	22.0	227.0
SAUCE LOS ANDES	PASADA	1104.0	20.0	37.0
CHACABUQUITO	PASADA	25.0	25.0	-
ALFALFAL	PASADA	160.0	30.0	720.5
FLORIDA	PASADA	28.0	30.0	98.0
MAITENES	PASADA	30.8	11.3	180.0
RAPEL	EMBALSE	350.0	535.1	76.0
SAUZAL	PASADA	76.8	73.5	118.0
SAUZALITO	PASADA	9.5	45.0	25.0
CIPRESES	EMBALSE	101.4	36.4	370.0
COLBUN	EMBALSE	400.0	280.0	168.0
CURILLINQUE	PASADA	85.0	84.0	114.0
ISLA	PASADA	68.0	84.0	93.0
LOMA ALTA	PASADA	38.0	84.0	50.4
MACHICURA	EMBALSE	90.0	280.0	37.0
PEHUENCHE	EMBALSE	500.0	300.0	206.0
SAN IGNACIO	PASADA	37.0	194.0	21.0
PUNTILLA	PASADA	14.7	20.0	92.0
QUELTEHUES	PASADA	41.1	28.1	213.0
EL TORO	EMBALSE	400.0	97.3	545.0
MAMPIL	PASADA	49.0	46.0	124.3
PANGUE	EMBALSE	467.0	500.0	99.0
RUCUE	PASADA	170.0	65.0	140.0
PEUCHEN	PASADA	75.0	36.0	236.0
ABANICO	PASADA	136.0	106.8	147.0
ANTUCO	EMBALSE	300.0	190.0	190.0
VOLCAN	PASADA	13.0	9.1	181.0
PILMAIQUEN	PASADA	39.0	150.0	32.0
CANUTILLAR	EMBALSE	145.0	75.5	212.0
CAPULLO	PASADA	10.7	8.0	149.5

Fuente: Sitio Web CDEC-SIC (2005)

De acuerdo a los aspectos técnicos de la generación hidroeléctrica, el agua proveniente del drenaje de una cuenca hidrográfica se desplaza hacia puntos de menor cota impulsada por la fuerza de atracción gravitacional. De esta manera, es posible utilizar conceptos básicos de mecánica de fluidos para evaluar la potencia media generada por esta agua en movimiento, la que corresponde a:

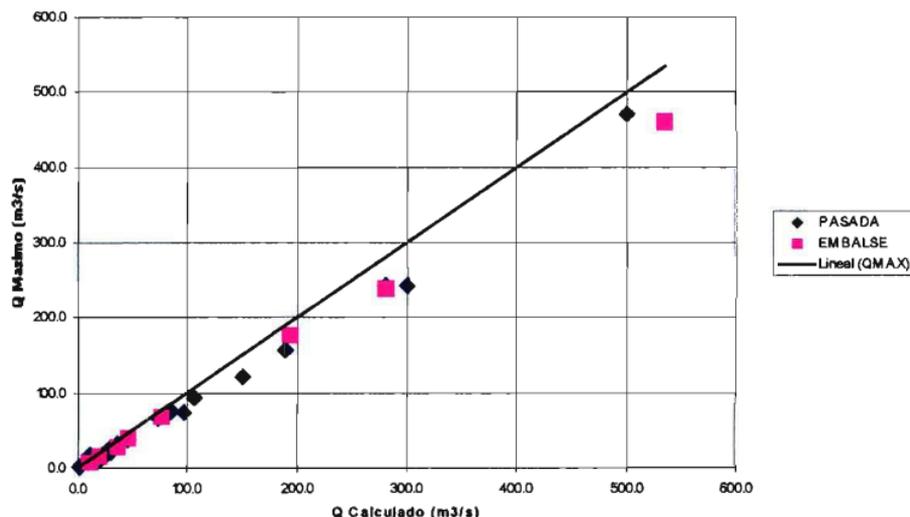
$$P(KW) = 10 \cdot Q(m^3/s) \cdot \Delta H(m) \quad (3.1)$$

En particular podemos utilizar los valores de potencia máxima y altura de caída para evaluar el caudal máximo requerido para una central hidroeléctrica, utilizando una expresión similar a (3.1), en el cual se despeja el valor del caudal máximo calculado, lo que nos entrega el siguiente resultado:

$$Q_{CALCULADO}(m^3/s) = \frac{P(KW)}{10 \cdot \Delta H(m)} \quad (3.2)$$

Para comprobar la expresión anterior se ha preparado la Figura 3.1 en la cual se ha graficado para cada una de las Centrales Hidroeléctricas indicadas en la Tabla 3.1 el Caudal Máximo como función del Caudal Calculado según la expresión (3.2). En este análisis sólo se ha eliminado la información de las centrales Sauce-Los Andes, Maitenes y Rucúe, las que presentan información contradictoria.

Figura 3.1
Caudales Máximos Informados y Calculados en Centrales Hidroeléctricas en Chile



Tal como se aprecia en la Figura 3.1 la condición del Caudal Máximo informado por las centrales hidroeléctricas es siempre superior al máximo calculado, lo que entrega una manera adecuada de fijar una limitación tecnológica a la solicitud de derecho de aprovechamiento de Centrales Hidroeléctricas, de acuerdo a las prácticas habituales chilenas. Esta relación es válida tanto para centrales de pasada como de embalse. De esta manera se cumple que:

$$Q_{\text{informado}}(m^3/s) = \frac{P_{\text{gen}}(KW)}{10 \cdot \Delta H(m)} < Q_{\text{máx}}(m^3/s) \quad (3.3)$$

lo que puede ser usado como una condicionante del derecho de aprovechamiento en la Tabla de Requerimientos

4. PROPUESTA

La información y los análisis presentados en los puntos anteriores han permitido generar una propuesta en lo que se refiere a los requerimientos máximos de agua en actividades de generación hidroeléctrica. De esta manera se requerirá de parte del proponente información relevante del proyecto a desarrollar, lo que debe incluir al menos los siguientes puntos:

- Potencia Máxima (P_{\max} , MW)
- Caudal Turbinable o Máximo (Q_{\max} , m^3/s)
- Altura de Caida (ΔH , m).

Para que el proyecto hidroeléctrico cumpla con los requerimientos técnicos para el otorgamiento de derechos de agua se debe cumplir la siguiente relación:

$$Q_{\text{requisito}} (m^3 \cdot s) = \frac{P_{\max} (KW)}{10 \cdot \Delta H (m)} \leq Q_{\max} (m^3 \cdot s) \quad (4.1)$$

5. REFERENCIAS

Harambour, F. Introducción al Proyecto de Centrales Hidroeléctricas. 1999.

CDEC-SIC. Información sobre centrales hidroeléctricas. Revisado en Julio 2005.
<http://www.cdec-sic.cl/centrales/hidroelectricas/>