

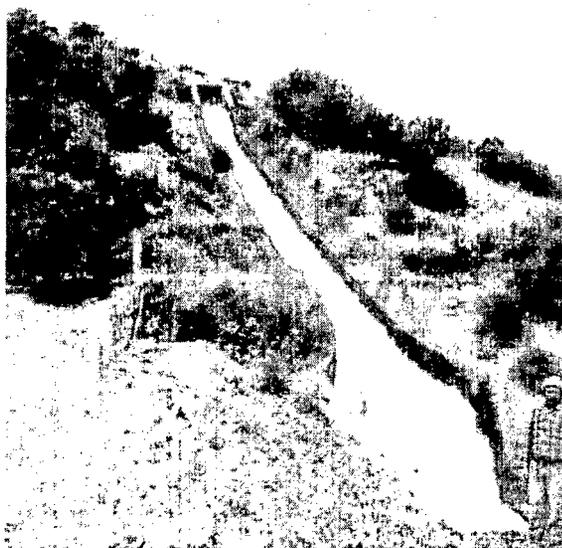
PROCIVIL INGENIERIA LTDA.
11 DE SEPTIEMBRE N°1480 OF.82 PROVIDENCIA
FONOS: 2358656 2360325
procivil@entelchile.net
SANTIAGO - CHILE

02232

**COMISION NACIONAL DE ENERGIA
Y
COMISION NACIONAL DE RIEGO**

**ESTIMACION POTENCIAL HIDROELECTRICO
ASOCIADO A OBRAS DE RIEGO
EXISTENTES O EN PROYECTO**

**REGIÓN DE ATACAMA
A
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**



INFORME FINAL

- TEXTO INFORME -

SANTIAGO, OCTUBRE DE 2007

PROCIVIL INGENIERIA LTDA.
11 DE SEPTIEMBRE N°1480 OF.82 PROVIDENCIA
FONOS: 2358656 2360325
procivil@entelchile.net
SANTIAGO - CHILE

**COMISION NACIONAL DE ENERGIA
Y
COMISION NACIONAL DE RIEGO**

**ESTIMACION POTENCIAL HIDROELECTRICO
ASOCIADO A OBRAS DE RIEGO
EXISTENTES O EN PROYECTO**

**REGIÓN DE ATACAMA
A
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

INFORME FINAL

- TEXTO INFORME -

SANTIAGO, OCTUBRE DE 2007

INDICE DEL INFORME FINAL

TEXTO INFORME

1.-	Introducción.	1.2.-
1.1.-	Generalidades, objetivos y alcances del presente informe.	1.2.-
1.1.1.-	Actividades del Objetivo N°1.	1.2.-
1.1.2.-	Actividades del Objetivo N°2	1.2.-
1.1.3.-	Actividades del Objetivo N°3	1.3.-
1.2.-	Organización de la presente consultoría.	1.3.-
1.3.-	Antecedentes.	1.4.-
1.3.1.-	Temas de interés e instituciones	1.4.-
1.3.2.-	Nómina de estudios técnicos consultados.	1.5.-
2.-	Métodos de trabajo desarrollados para el Objetivo N°1.	2.2.-
2.1.-	Identificación preliminar priorizada de eventuales generaciones y cobertura del análisis.	2.2.-
2.1.1.-	Análisis del universo de bocatomas de canales analizados.	2.2.-
2.1.2.-	Fuentes de información utilizadas.	2.3.-
2.1.2.1.-	Ubicación de canales y bocatomas.	2.3.-
2.1.2.1.1.-	DGA: Levantamiento de Bocatomas en Cauces Naturales MOP DGA- Dpto. Estudios y Planificación.	2.3.-
2.1.2.1.2.-	Base de datos del E-SIIR.	2.5.-
2.1.2.1.3.-	Registro de canales de gran capacidad DOH.	2.6.-
2.1.2.1.4.-	Catastros de usuarios; DGA.	2.10.-
2.1.2.2.-	Embalses destinados a riego.	2.11.-
2.2.	Estimación de los caudales de generación.	2.13.-
2.3.-	Estimación de las alturas de caídas o desniveles para generación.	2.17.-
2.4.-	Resumen metodológico para determinación de potenciales máximos.	2.19.-
2.4.1.-	Caudales máximos y desniveles brutos.	2.19.-
2.4.2.-	Estimación del factor de planta, para el cálculo inicial del potencial hidroeléctrico.	2.20.-
2.5.-	Diagramas conceptuales o esquemas explicativos.	2.22.-
2.6.-	Ejemplos de aplicación de metodologías a los cuatro casos típicos.	2.29.-
3.-	Ranking por potencia de eventuales centrales.	3.2.-
3.1.-	Ordenamiento de los listados de eventuales centrales según potencia.	3.2.-
3.2.-	Resumen de potenciales máximos estimados por Región.	3.5.-
3.3.-	Ranking de eventuales centrales con potenciales estimados en cuatro casos o agrupaciones.	3.8.-
3.4.-	Extracto de potenciales instalables en las alternativas de centrales por región.	3.17.-

4.-	Desarrollo del modelo simplificado de rentabilidad y aplicación a casos preseleccionados en el Capítulo N°3.	4.2.-
4.1.-	Presentación y componentes del modelo	4.2.-
4.2.-	Esquema conceptual del modelo.	4.4.-
4.3.-	Gráficos resultantes del modelo de rentabilidad.	4.6.-
4.4.-	Gráficos resultantes para un ejemplo resuelto.	4.13.-
4.5.-	Parámetros y elementos del modelo simplificado.	4.21.-
4.5.1.-	Elementos generales de entrada.	4.21.-
4.5.2.-	Resultados generales de salida.	4.21.-
4.5.3.-	Descripción de antecedentes principales para operar el modelo.	4.22.-
4.5.3.1.-	Caudales turbinables, criterios y su determinación.	4.22.-
4.5.3.2.-	Depreciación de inversión inicial.	4.22.-
4.5.3.3.-	Ingresos de la operación.	4.22.-
4.5.3.4.-	Precios de nudo de la energía y actualización de su valor en el tiempo	4.23.-
4.5.3.5.-	Precios de nudo de la potencia y actualización de su valor en el tiempo	4.23.-
4.5.3.6.-	Valor UF y tasa de cambio; IPC; CPI	4.23.-
4.5.3.7.-	Estimación de la inversión inicial mediante costos tipificados	4.23.-
4.5.3.8.-	Servidumbres eléctricas	4.24.-
4.5.3.9.-	Inversión inicial en obras eléctricas.	4.24.-
4.5.3.10.-	Mantenimiento y operación de la central.	4.25.-
4.5.3.11.-	Peajes eléctricos, criterios considerados.	4.25.-
4.5.4.-	Parámetros económicos más relevantes.	4.26.-
4.5.4.1.-	Tasa de descuento: i , VAN, TIR. Precio Monómico de la Energía para la sustentación de la central.	4.26.-
4.5.5.-	Curvas resultantes de la aplicación del modelo	4.26.-
5.-	Resumen del potencial de generación estimado en centrales rentables.	5.2.-
5.1.-	Resultados del Objetivo N°2 de los Términos de Referencia	5.2.-
5.2.-	Listado por regiones de alternativas de centrales con potencias optimizadas	5.2.-
5.3.-	Resultados de los análisis de sensibilidad	5.3.-
5.4.-	Ranking de alternativas de centrales rentables según potencia y sus Parámetros económicos asociados.	5.3.-
6.-	Descripción general de las posibilidades de centrales.	6.2.-
6.1.-	Descripción de casos propuestos para eventual generación.	6.2.-
6.2.-	Actividades adicionales, visitas a organizaciones y emplazamientos.	6.2.-
6.2.1.-	Cumplimiento de objetivos.	6.2.-
6.2.2.-	Síntesis de visitas a Regiones.	6.3.-
6.2.2.1.-	Planteamientos de la CNR y el Consultor a las organizaciones.	6.3.-
6.2.2.2.-	Planteamientos de los regantes.	6.5.-

7.-	Conclusiones y recomendaciones generales.	7.2.-
7.1.-	Conclusiones.	7.2.-
7.1.1.-	Resultados de los potenciales y optimizaciones.	7.2.-
7.1.2.-	Operación simulada de la generación y rentabilidad aproximada.	7.3.-
7.1.3.-	Generación con caudales y potencias menores.	7.3.-
7.2.-	Recomendaciones.	7.4.-
7.2.1.-	Mercado del agua y generación asociada al riego..	7.4.-
7.2.2.-	Adecuación legal para la generación hidroeléctrica y la modernización de las organizaciones.	7.5.-

INDICE ANEXOS

Archivo adjunto: "Indice General de anexos.doc"

1.-	Introducción.	1.2.-
1.1.-	Generalidades, objetivos y alcances del presente informe.	1.2.-
1.1.1.-	Actividades del Objetivo N°1.	1.2.-
1.1.2.-	Actividades del Objetivo N°2	1.2.-
1.1.3.-	Actividades del Objetivo N°3	1.3.-
1.2.-	Organización de la presente consultoría.	1.3.-
1.3.-	Antecedentes.	1.4.-
1.3.1.-	Temas de interés e instituciones	1.4.-
1.3.2.-	Nómina de estudios técnicos consultados.	1.5.-

1.- Introducción.

1.1.- Generalidades, objetivos y alcances del presente informe.

El presente Informe, se refiere al desarrollo de las actividades que conforman los Objetivos descritos en las Bases, a saber: Objetivo N°1 con sus Actividades (a); (b) y (c), además del Objetivo N°2 con sus Actividades (d); (e) y (f) y el Objetivo N°3 con sus Actividades (g), (h), (i), (j), todos los cuales se señalan en el punto #3.1 de las Bases Técnicas que norman la presente consultoría.

El trabajo desarrollado se enmarca en el objetivo general del estudio, que se orienta a determinar el potencial hidroeléctrico asociado a las obras de riego, existentes y en proyecto, con caudales mayores o iguales a 4 m³/s y potenciales mayores o iguales a 2 MW, entre la Región de Atacama y la Región de la Araucanía.

1.1.1.- Actividades del Objetivo N°1.

Las tres actividades del Objetivo N°1 son las siguientes.

a).- Entre las obras de riego existentes y en proyecto, identificar los canales que portean más de 4m³/s y los embalses que descarguen al menos ese caudal, entre las Regiones III^a de Atacama y IX^a Región de la Araucanía, ambas inclusive. A consecuencia de la ampliación de esta Actividad durante el desarrollo del contrato, se incluyeron los potenciales de algunos casos analizados con menos de 2 Mw.

b).- Identificar los desniveles y caídas actuales o que se pueden crear, en los canales y las descargas desde los embalses del punto (a), a partir de la información existente que proporcionan: CNR; DGA; DOH; IGM; CIREN.

c).- Estimar el potencial de generación hidroeléctrica en las obras de riego del punto (a) y los desniveles del punto (b). Elaborar un ranking por tamaño, de las eventuales centrales según su potencial de generación asociado a obras de riego con potencial de generación de al menos 2MW, explicitando supuestos y simplificaciones para obtener los resultados.

1.1.2.- Actividades del Objetivo N°2.

Las tres actividades del Objetivo N°2 son las siguientes.

d).- Estimación preliminar de costos de inversión en minicentrales que se consideren con mayor probabilidad de viabilidad técnico económica, de conectarse al SIC, con definiciones de supuestos y simplificaciones.

1.2.-

e).- Desarrollo de un modelo simplificado de rentabilidad y aplicación a casos de centrales con probable capacidad instalada superior a 2 Mw.

f).- Estimación del potencial eléctrico acumulado en las centrales rentables, según la aplicación del modelo desarrollado. Sensibilizaciones de la rentabilidad en función de la inversión inicial y el precio de la energía.

1.1.3.- Actividad del Objetivo N°3.

Las Actividades del Objetivo N°3 incluidas en este informe, corresponden a las siguientes:

g).- Breve descripción de diferentes posibilidades de centrales indicando: ubicación, accesos, descripción general, posible potencia instalada, punto supuesto de entrega de energía. Listado ordenado por Región y potencia instalada. Traspaso de información georeferenciada al sistema E-SIIR (CNR).

h).- Actividad Adicional: se establecieron las visitas a los emplazamientos seleccionados en conjunto con la contraparte técnica, en las cuales existen alternativas de interés para complementar con informaciones adicionales acerca de su factibilidad.

i).- Obtención de información desde las organizaciones de regantes, acerca de su interés en continuar con estos planteamientos de generación.

j).- Síntesis con los resultados de las visitas y sus implicancias en las conclusiones de la letra (g).

1.2.- Organización de la presente consultoría.

El presente estudio adjudicado por licitación pública y convocado a concurso por parte de la Comisión Nacional de Energía y la Comisión Nacional de Riego, se rige por las Bases Administrativas y Técnicas de la licitación correspondiente, aprobadas por la Res Ex CNE N°800 del 7/12/06 y modificadas por la Res Ex CNE N°809 de 2006 y demás documentos contenidos en la licitación ID N°610-121-LP06. Además se incorporó el análisis del potencial de la IIIª Región de Atacama y de la IXª Región de la Araucanía, mediante ampliación de contrato del 16 de agosto del 2007.

La organización de la consultoría se desarrolló bajo las funciones de las siguientes autoridades y profesionales:

Por parte de la CNE.-

Secretario Ejecutivo:

Ing. Civil Industrial Sr. Rodrigo Iglesias

Inspector:

Ing. Civil Mecánico Sr. Christian Santana

1.3.-

Por parte de la CNR.-

Secretario Ejecutivo:	Ing. Agrónomo	Sr. Nelson Pereira
Inspector:	Ing. Civil	Sr. Marcial González
Inspector Asesor:	Ing. Agrónomo	Sr. Ramón Downey

Por parte de la Consultora: Procivil Ing. Ltda.-

Jefe de Proyecto:	Ing. Civil	Sr. J. Carlos Croxatto
Coordinador:	Ing. Civil	Sr. Werner Kremer
Proyectista:	Ing. Civil	Sr. Jaime García
Especialista hidroeléctrico	Ing. Civil	Sr. Sergio Radrigán
Especialista eléctrico	Ing Civil Eléctrico	Sr. Juan Alberto Fernández

1.3.- Antecedentes.

1.3.1.- Temas de interés e instituciones.

En cumplimiento del punto #3.1 de las Bases Técnicas del estudio, se recopiló la información de base en las instituciones que han realizado estudios atinentes al tema de interés, específicamente proyectos de obras de riego del tipo canales y embalses, así como informaciones hidrológicas y cartográficas que aportan antecedentes necesarios para cumplir los objetivos de las Bases.

Las principales consultas de información técnica en las instituciones, se agrupan en los siguientes temas:

- Usuarios del agua, según Catastros DGA.
- Levantamiento de bocatomas en cauces naturales - DGA.
- Bases de datos del proyecto E-SIIR CNR
- Cartografía IGM a escala 1:50.000.
- Cartografía CNR a escala 1:10.000 en algunos valles.
- Hidrología de cuencas según estudios DGA y CNR.
- Estudios y proyectos públicos CNR y DOH de cuencas, canales y embalses.
- Estudios y proyectos particulares de cuencas, canales y embalses en algunos valles.

Además se recopilaron antecedentes directamente en algunas cuencas con representantes y expertos locales en el manejo de sus organizaciones del agua, que aportaron antecedentes específicos de eventuales soluciones para generación.

1.3.2.- Nómina de estudios técnicos consultados.

Los estudios técnicos consultados en: CNR; CIREN; MOP; DOH; DGA, se entregan a continuación:

- “Manual sobre fuentes de energía para sistemas de impulsión en obras menores de riego”, CNR – Procivil 2000.
- “Balance hídrico de Chile”, DGA.
- “Precipitaciones máximas en 1, 2 y 3 días” DGA.
- “VI Censo Nacional Agrícola” INE - 1997.
- “Las necesidades de agua de los cultivo” estudio FAO 24.
- “Base de datos E-SIIR”, CNR. Base integral de Regiones IIIª a la IXª. Operación mediante programa ArcView 3.2 o superior.
- “Levantamiento de Bocatomas en cauces naturales”, MOP, DGA, AC Ingenieros Consultores, CONIF BF Ingenieros Consultores, 2000.
- “Regadío del Valle de Huasco” – UCHILE, Tesis – Zenteno Bruna, Sergio Fidel 1977.
- “Análisis y evaluación de los recursos hídricos en el valle del río Copiapó, IIIª región” – MOP, DGA – Álamos y Peralta Ingenieros Consultores. 1995.
- “Análisis y evaluación de los recursos hidrogeológicos valle del río Copiapó, IIIª región: modelación de los recursos hídricos” – MOP, DGA – Álamos y Peralta Ingenieros Consultores. 1987.
- “Diagnóstico situación actual de las organizaciones de usuarios de agua a nivel nacional” – MOP, DGA – R.E.G Ingenieros Consultores. 1999.
- “Situación de los recursos hídricos: IIIª y IVª Regiones, Enero – Diciembre 1993” – MOP, DGA – Departamento de Hidrología. 1994.
- “Levantamiento de información sobre derechos no inscritos susceptibles de regularizar: cuenca de los ríos Huasco, Elqui, Limarí y Choapa” – MOP, DGA – AC Ingenieros Consultores Ltda. 2006.
- “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Copiapó” – MOP, DGA – CADE-IDEPE Consultores 2004.
- “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Huasco” – MOP, DGA – CADE-IDEPE Consultores 2004.
- “Manejo integral del recurso hídrico a nivel de cuencas: cuenca del río Huasco IIIª Región” - MOP, Dirección de Riego – CONIC – BF Ingenieros Civiles Consultores. 1997.
- “Catastro de regantes hoya río Huasco” – MOP, DGA – Departamento de Estudios 1983.
- “Recursos de agua del valle de Huasco V1” – Corporación de Fomento de la Producción, Asociación de Agricultores del Valle de Huasco – P. Kleiman, J. Torres. 1962.
- “Recursos de agua del valle de Huasco V2” – Corporación de Fomento de la Producción, Asociación de Agricultores del Valle de Huasco – P. Kleiman, J. Torres. 1962.
- “Catastro Infraestructura Básica de Canales, IIIª Región” – MOP, DOH.
- “Análisis de dos estudios de riego-energía realizados por la CNR.” 1980 – R. Bennewitz B. y J. Espinosa I. - Comisión Nacional de Energía.

- “Diagnóstico de la eficiencia de riego en Chile. 1ª Etapa. IVª Región.” 1998 - IRH – MOP-DOH Departamento de Proyectos.
- “CONSULTORÍA OME-04: Mejoramiento del Sistema Paloma, IVª Región.” 1992 – INGENDESA - MOP Dirección de Riego.
- “CONSULTORÍA OME-39: Mejoramiento del Canal Villalón.” 1994 - IRH – MOP Dirección de Riego.
- “Optimización uso del recurso hídrico, Río Pama”, MOP, D. de Riego- Procivil, 1997.
- “Optimización del uso del recurso hídrico Río Combarbalá”, MOP, Dirección de Riego – Procivil, 1995.
- “Optimización uso del recurso hídrico, Río Mostazal”, DOH - Procivil, 1998.
- “Canal Derivado Cogotí, Embalse Paloma.” 1963 – H. Nieyer F. - MOP-Dirección Regional de Riego IVª Región.
- “CONSULTORIA OME-04: Mejoramiento del Sistema Paloma, IVª Región.” 1992 – INGENDESA - MOP Dirección de Riego.
- “CONSULTORÍA OME-43: Mejoramiento integral Canal Camarico.” 1996 – Hidroconsultores - MOP Dirección de Riego.
- “Diseño primera parte Embalse el Bato. Informe Final.” 1999 - INGENDESA - MOP-DOH.
- “Embalse Paloma.” - MOP Dirección de Riego.
- “Embalse de regulación para el Río Illapel.” 1999 - INGENDESA - MOP-DOH.
- “Embalse para riego: operación, seguridad y seguimiento.” 2000 - IDIEM-Geotécnica – MOP-DOH.
- “Embalse Recoleta.” 1944 - DOP Departamento de Riego - DOP Dirección de Obras Públicas.
- “Estudio de factibilidad y diseño del Embalse Corrales y sus obras complementarias.” 1999 – MN Ingenieros Ltda. - MOP-DOH Departamento de Proyectos.
- “Embalses en operación, IVª Región de Coquimbo.” 1997 - MOP Dirección Regional de Riego IVª Región.
- “Sistema de regadío provincia del Limarí, IVª Región.” 1992 - Mirtha Meléndez R.- Dirección Regional de Riego IVª Región - MOP.
- “Proyecto Embalse Puclaro.” 1994 - Consorcio de Ingeniería INGENDESA - EDIC Ltda. MOP Dirección de Riego.
- “Proyecto Puclaro. Capacidad de embalse y tipo de presa.” 1992 - Consorcio de Ingeniería INGENDESA - EDIC Ltda. - MOP Dirección de Riego.
- “DIA: “Proyecto Central Hidroeléctrica Puclaro” Hidroeléctrica Puclaro S.A. - 2005.
- “Recursos de agua para el Valle de Choapa. Estudios Hidrológicos.” 1963 – P.Kleiman – J.Torres - CORFO Corporación de Fomento a la Producción.
- “Estudio integral de riego Valle de Elqui. Volumen 10, álbum de planos.” 1987 – INA Ingenieros Consultores - CNR Comisión Nacional de Riego.
- “Estudio mejoramiento riego Río Huatulamé. Prefactibilidad. IVª Región.” 2004 – Luís Arrau Del Canto-Ingenieros Consultores - Gobierno Regional Región de Coquimbo.
- “Mejoramiento integral de los Canales Bellavista y la Herradura.” 2000 - Luís Arrau Del Canto - MOP-DOH.
- “Estudio social específico de Embalse Puntilla del Viento.” 2002 - SRK Consultores de Ingeniería y Geociencias.

- “Embalses de regulación para el Río Aconcagua. Estudio de factibilidad.” 2001 – EDIC en asociación con Geotécnica Consultores - MOP-DOH.
- “Plan preliminar para el aprovechamiento de los recursos hídricos del río Aconcagua.” Confederación del Río Aconcagua – Procivil. 2000.
- “Sistema Paloma, IVª Región. Proyecto de acondicionamiento de Canal Matriz Paloma y sus obras anexas.” 1980 - Hidroproyectos Ltda. - MOP Dirección de Riego.
- “Estudio integral de optimización del regadío del valle de Putaendo, Vª Región”, CNR-AC Ingenieros – Geofun – Procivil - 1999.
- “Unificación de bocatomas Río Aconcagua, Primera Sección. Vª Región”, DOH- Luís Arrau del Canto, 2000.
- “Mejoramiento Sistema de regadío Laguna de Chepical, Vª Región”, MOP, Dirección de Riego - Procivil, 1993.
- “Estudio Catastral de canales matrices en el río Aconcagua” CORFO-CODESSER-Procivil, 2001.
- “Embalse Puntilla del Viento. Estudio de factibilidad física. Informe final.” 1980-1983 – ELECTROWATT - MOP Dirección de Riego.
- “Diseño de Embalse Chacillas.” 2002 - EDIC Ingenieros Ltda. - MOP-DOH.
- “Embalse para el riego del río Claro de Rengo, 1ª sección” DOH; CONIC-BF 2000.
- “Diagnóstico organización de regantes, segunda sección del río Cachapoal”, DOH-Procivil, 2004.
- “Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento”, DGA, 1991.
- “Estudio de Prefactibilidad Hoya del Río Rapel” Vol. 2.- CNR
- “Unificación de bocatomas 1ª sección de Río Claro de Rengo” Jta. de Vigilancia del Río Claro – Procivil 2003.
- “Plan Maestro Primera Sección Río Claro de Rengo”. CORFO-Jta de Vigilancia del Río Claro – Procivil. 2000.
- “Diagnóstico de canales de riego. Primera Sección Río Claro de Rengo.” CORFO-Jta de Vigilancia Río Claro de Rengo – Procivil. 1998.
- “Diagnóstico de canales de riego. Segunda Sección del Río Claro de Rengo”. INDAP-Procivil. 2000.
- “Diagnóstico Organización de Regantes Segunda Sección del Río Cachapoal.” DOH Procivil. 2004
- “Mejoramiento de la red de canales de riego del Río Claro de Rengo, 1ª sección, VIª Región” DOH - Electrowatt Engineering.
- “Estudio de prefactibilidad hoyo del río Rapel” CNR-AIESA.
- “Diseño Embalse Convento Viejo.” 2002 - Geotécnica Consultores Ltda. - MOP-DOH.
- “Embalse para el riego del Río Claro de Rengo, 1ª sección” DOH-Conic BF, 2000.
- “DIA: “Proyecto Central Hidroeléctrica Convento Viejo”- J. Illanes y Asoc. -2006.
- “Estudio Integral de riego de la cuenca del río Maule” CNR-CEDEC, 1977.
- “Canal del Maule, Canales Secundarios, Canal Cumpeo.” 1920 – R. Bennewitz B. y J. Espinosa I - Comisión Nacional de Energía.
- “Canal Lircay Providencia.” 1969 - MOP Dirección de Riego.
- “Canal San Rafael, Canal Tronco.” S/F - DGDOP Dirección General de Obras Públicas.
- “Canales Digua, Canal Perquilauquén-Cato.” 1969 - MOP Dirección de Riego.

- “Construcción Embalse Ancoa, VIIª Región. Factibilidad.” 2001 - AC Ingenieros Consultores Ltda. - MOP-DOH.
- “Construcción, diseños complementarios proyecto Embalse Ancoa.” 2005 - SMI Ltda. – MOP-DOH.
- “CONSULTORIA DEP-001: Análisis riego zonas costeras VIª, VIIª, VIIIª Y IXª Región.” 1992 - CEDEC.
- “Estudios generales Maule Norte.” 1979 - AGROIPLA Ingenieros Consultores Ltda. – MOP-Dirección General de Obras Públicas-Dirección de Riego.
- “Informe sobre el Embalse el Planchón.” 1968 - Carlos Kammel - MOP D. de Riego.
- “Manejo integral del recurso hídrico a nivel de cuencas, Cuenca del Río Mataquito. Informe final.” 1998 - INECON Ingenieros y Economistas Ltda. - MOP-DOH.
- “CONSULTORÍA OME-5: Reparación Canal Melado y Maule Norte. Estudio de Prefactibilidad.” 1992 - Hydroconsult Ltda. - MOP Dirección de Riego.
- “Diagnóstico de la situación actual del Sistema Río Maule.” 1989 - MOP Dirección de Riego - MOP Dirección de Riego.
- “Diseño de Embalse y Central Punilla. Informe Final.” 2004 – EDIC Ingenieros Ltda. – MOP-DOH.
- “Diseño Embalse Diguillín en Sitio N°4. Informe Final.” 2000 - MN Ingenieros Ltda. – MOP-DOH Departamento de Proyectos.
- “Embalse Digua VIIª Región. Aprovechamiento Hidroeléctrico. Informe N° 1.” 1984 – MOP Dirección de Riego-Departamento de Estudios.
- “Embalse Digua, Canal Matriz.” 1958 - MOP Dirección de Riego.
- “Embalse Laguna del Maule. Aprovechamiento Hidroeléctrico.” 1985 - CNR – MOP Dirección de Riego-Departamento de Estudios.
- “Ensanche del Canal Duao y Zapata.” - Omar Latorre C. Ingeniero Civil
- “Esquema del área de riego del Canal Per-Ñiquén.” 1979 - AGROIPLA Ingenieros Consultores Ltda. - MOP-Dirección General de Obras Públicas-Dirección de Riego.
- “Estudio integral de riego proyecto Itata.” 1992 - Consorcio de Ingeniería INGENDESA EDIC Ltda. - CNR Comisión Nacional de Riego.
- “Estudio de factibilidad con diseño, mejoramiento integral Canal La Cañada, Subcuenca Río Teno, VIIª R. Álbum de planos.” 2001 - IRH - MOP-DOH.
- “Diagnóstico de situación agropecuaria del área regada por Canal Melozal y evaluación económica de reparación del Canal Loncomilla.” 1991 - Marcelo Gross F. Ingeniero Agrónomo - MOP Dirección de Riego.
- “Estudio de factibilidad mejoramiento de Canal Duqueco Cuel y construcción de Derivado Santa Fe.” 1993 – IRH Ingeniería y Recursos Hidráulicos Ltda. - D. de Riego.
- “Estudio de negocio de riego proyecto Embalse Ancoa. Contrato ES-ENR-Ancoa.” 2005 – AC Ingenieros Consultores Ltda. - MOP-DOH.
- “Estudio de recursos de agua para el Canal Laja-Diguillín. Informe Final.” 1992 – BF Ingenieros Civiles - MOP-Dirección Nacional de Riego.
- “Estudio integral de riego de la Cuenca del Río Maule. Prefactibilidad.” 1977 - CEDEC.
- “Mejoramiento Canal Matriz Melado. Ingeniería de detalle.” 1998 - REG Ingenieros Consultores Ltda.
- “Mejoramiento del regadío en las zonas del Canal Matriz Digua y Canal Perfiscal.” 1979 MOP Dirección de Riego - MOP-Dirección General de Obras Públicas-D. de Riego.

- “Mejoramiento y ensanche Canal Pelarco-Buena Unión. Anteproyecto.” 1958 – Tomassevich, Augusto.
- “Optimización de sistemas de riego en la Cuenca del Maule. Estudios y diseños de ingeniería Canal Lircay.” 2004 - SIGA Consultores S.A. - CIREN-DOH.
- “Proyecto de aprovechamiento múltiple Embalse Bullileo y Digua. Borrador preliminar.” 1980 - CNR Comisión Nacional de Riego - MOP Dirección de Riego.
- “Proyecto de mejoramiento de la Bocatoma del Canal Melozal.” 1975 – E. Donoso MOP-Dirección General de Obras Públicas-Dirección de Riego.
- “Regadío del Valle de Teno. Provincia de Curico.” 1972 – Ing. A. Monsalve – MOP Dirección de Riego.
- “Regadío Digua, Canal Perquilauquén-Cato. Caída al Río Cato.” 1967.
- “Sistema de regadío Pencahue. Proyecto de obras matrices. Álbum de planos Talca.” 1978 - AGROIPLA Ingenieros Consultores Ltda.
- “Sistema Embalse Digua”. Minuta D . Riego
- “Sistema Maule Norte. Medidas hidráulicas canales Maule Tronco y Bajo. Álbum de planos.” 1978 - Guillermo Noguera y Asociados Ingenieros Consultores Ltda.
- “Tarea regional ministerial 1987: Folleto descriptivo de las obras de riego existentes en la VIIIª Región.” 1987 - MOP-Dirección de Riego del Bío-Bío.
- “Proyecto Itata. Estudio hidrológico y situación actual agropecuaria.” 1992 – PROITATA Asociación de Profesionales - CNR Comisión Nacional de Riego.
- “Proyecto Laja-Diguillín.” 1998 - Consorcio Laja-Diguillín MIMENTAL - MOP-DOH
- “Proyecto Canal Duqueco-Cuel” 1960 - MOP Dirección de Riego.
- “Regadío de Digua, Provincia de Ñuble.” 1970 - MOP Dirección de Riego - .
- “Canal Laja Sur.” 1963 - MOP Dirección de Riego - MOP Dirección de Riego.
- “Evaluación técnico-económica central termoeléctrica en Chiloé” Memoria U. Ch. 2002.
- “Estudio de diseño mejoramiento Canal Laja, Los Ángeles, Provincia del Bio-Bio, VIIIª Región.” 1999 - AC Ingenieros Consultores Ltda. - MOP Dirección de Riego.
- “Mejora del Canal Bio-Bio Negrete, VIIIª Región. Informe final.” 2000 – EDIC Ingenieros Ltda. - MOP-DOH.
- “Proyecto Definitivo Canal Matriz Victoria. Sistema de regadio Victoria - Traiguén - Lautaro, IXª región” – MOP, CNR – CADE IDEPE 1993.
- “Programa de Validación y Transferencia de Tecnología en Riego y Sistemas productivos en Áreas Regadas” – MOP, CNR – 2000.
- “Antecedentes hidrométricos hoyas de los ríos: Aconcagua, Maipo, Rapel, Mataquito, Itata, Bío - Bío, Imperial, Toltén” – MOP, DGA – Instituto de investigaciones de Recursos Naturales 1962.
- “Estudio del río cautín entre Rariruca y Temuco para la estimación del caudal disponible en el canal Victoria - Traiguén.” – MOP, DGA – Benítez Girón, Andrés 1994.
- “Fortalecimiento de la gestión regional y privada en la cuenca del río Imperial, IXª Región.” – MOP, DGA – CIMA Consultores 1997.
- “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Imperial” – MOP, DGA – CADE-IDEPE Consultores 2004.
- “Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad: Cuenca del Río Toltén” – MOP, DGA – CADE-IDEPE Consultores 2004.

- “Análisis de Disponibilidad Recursos Hídricos Superficiales Cuenca Río Quepe” – MOP, DGA – Departamento de Administración de Recursos Hídricos 2004.
- “Estudio Geotécnico Canal Comuy y Mahuidanche, Sistema de riego Faja Maisan, IXª región” – MOP, DOH – Idiem 2002.
- “Catastro Infraestructura Básica de Canales, IXª Región” – MOP, DOH.
- “Consultoría OME - 45. Diseño Definitivo riego Faja Maisan, Pitrufoquén, IXª región” MOP, Dirección de Riego – Ingeniería y Recursos Hidráulicos Ltda. 2001.
- “Análisis de criterios Hidroambientales en el Manejo de Recursos Hídricos. Monitoreo de una cuenca Piloto para la determinación de caudales mínimos aconsejables” 2000 – MOP, Universidad de Chile –
- “Regadío Lautaro - Victoria - Traiguén, Canales Perquenco y Quillén” – MOP, DOH – Lobo P, Eugenio 1976.
- “Central Hidroeléctrica Lonquimay: estudio preliminar” – Universidad de Chile, Tesis – Voullieme Plaza de los Reyes, Francisco Javier 1981.
- “Desarrollo Hidroeléctrico de la cuenca del Río Imperial: estudio preliminar” – Universidad de Chile, Tesis – Ibáñez Contreras, Juan Manuel 1987.
- “Proyecto Bocatoma Canal Victoria” – Universidad de Chile, Tesis – Gesche Robert, Roberto 1967.
- “Regadío de la zona Victoria - Traiguén” – Universidad de Chile, Tesis – Kremer Vera, Werner 1987.
- “Demandas de riego de la IXª Región” – Universidad de Chile, Tesis – Stappung Ruff, Carlos Andrés 1989.
- Catálogo de tubos y prefabricados de h.a. Makro Grau.
- “Manual de precios unitarios referenciales de actividades”, CNR- Procivil 4ª Ed. 2001.

2.-	Métodos de trabajo desarrollados para el Objetivo N°1.	2.2.-
2.1.-	Identificación preliminar priorizada de eventuales generaciones y cobertura del análisis.	2.2.-
2.1.1.-	Análisis del universo de bocatomas de canales analizados.	2.2.-
2.1.2.-	Fuentes de información utilizadas.	2.3.-
2.1.2.1.-	Ubicación de canales y bocatomas.	2.3.-
2.1.2.1.1.-	DGA: Levantamiento de Bocatomas en Cauces Naturales MOP DGA- Dpto. Estudios y Planificación.	2.3.-
2.1.2.1.2.-	Base de datos del E-SIIR.	2.5.-
2.1.2.1.3.-	Registro de canales de gran capacidad DOH.	2.6.-
2.1.2.1.4.-	Catastros de usuarios; DGA.	2.10.-
2.1.2.2.-	Embalses destinados a riego.	2.11.-
2.2.-	Estimación de los caudales de generación.	2.13.-
2.3.-	Estimación de las alturas de caídas o desniveles para generación.	2.17.-
2.4.-	Resumen metodológico para determinación de potenciales máximos.	2.19.-
2.4.1.-	Caudales máximos y desniveles brutos.	2.19.-
2.4.2.-	Estimación del factor de planta, para el cálculo inicial del potencial hidroeléctrico.	2.20.-
2.5.-	Diagramas conceptuales o esquemas explicativos.	2.22.-
2.6.-	Ejemplos de aplicación de metodologías a los cuatro casos típicos.	2.29.-

2.- Métodos de trabajo desarrollados para el Objetivo N°1.

2.1.- Identificación preliminar priorizada de eventuales generaciones y cobertura del análisis.

En este Capítulo N°2 se entrega la identificación de los casos debidamente priorizados que presentan las aptitudes físicas, esto es caudal y desnivel, para la generación asociada a canales y embalses de riego con potenciales preferentemente mayores a 2 Mw. Sin embargo la potencia optimizada se estima en el Capítulo N°4 mediante la evaluación económica simplificada, junto con la simulación operacional de cada central empleando los caudales medios mensuales de 30 años de estadística hidrológica.

2.1.1.- Análisis del universo de bocatomas de canales analizados.

Las fuentes de información para detectar canales de riego son muy numerosas, por lo que se han referenciado los estudios de mayor interés a partir de los cuales se construyeron los listados de canales. El resto de los antecedentes se presentan en anexo en formato digital.

Se presenta en el Cuadro N°2.1 de este Capítulo, un recuento de las principales fuentes de información utilizadas en la identificación de los caudales asociados a los canales. Además se indican los porcentajes de canales que tienen información sobre su caudal en bocatoma y la cuantificación de los que poseen capacidades superiores a $4\text{m}^3/\text{s}$, que constituyen los casos de mayor interés de este estudio.

Es importante señalar que los catastros públicos de canales, citan y ubican con coordenadas un gran número de extracciones desde las fuentes naturales, que sin embargo en su inmensa mayoría corresponden a extracciones menores, del tamaño de una acequia, reguera ó simplemente una manguera, de uso individual o colectivo, con caudales de pocos litros/segundo para los cuales no existen aforos ó registros. La información de bocatomas con capacidades o aforos que se contiene en los catastros públicos o privados, se refieren a los canales de mayor tamaño en función de la cuenca.

Se disponen distintas fuentes de información base, ya sean catastros u otros proyectos públicos o privados de canales, en que los casos citados de extracciones citados con sus denominaciones locales coinciden entre sí para los canales mayores, sin embargo presentan severas divergencias cuando se trata de canales o extracciones menores, en que se confunden sus nombres o las organizaciones a las cuales supuestamente pertenecen. Para los fines específicos de este estudio que se refiere a los canales con más de $4\text{ m}^3/\text{s}$, las informaciones básicas de las distintas fuentes coinciden entre sí, lo cual permite concluir que el universo de

2.2.-

esos canales ha sido cubierto adecuadamente, aun cuando también se registran algunos casos con diferencias importantes especialmente en su capacidad.

En los siguientes Subcapítulos se entrega el detalle de la información respecto a la cobertura de este análisis.

2.1.2.- Fuentes de información utilizadas.

Para identificar canales de capacidad superior a los 4m³/s, se analizaron las fuentes de información disponibles y se escogieron las que se exponen a continuación.

2.1.2.1.- Ubicación de canales y bocatomas.

2.1.2.1.1.- DGA: Levantamiento de Bocatomas en Cauces Naturales - MOP DGA- Dpto. Estudios y Planificación.

Se escogió el estudio: “Levantamiento de Bocatomas en Cauces Naturales” DGA del Dpto. Estudios y Planificación, el cual está dividido en las siguientes tres etapas desarrolladas entre los años 2000 y 2002:

i.- “Levantamiento de bocatomas en cauces naturales”; MOP-DGA - AC Ing. Consultores.

Esta etapa identifica la cantidad de 1.991 bocatomas, de las cuales 252 corresponden a la Vª Región; 799 a la VIª Región y 941 a la VIIª Región; del total de bocatomas listadas, el 33% de las correspondientes a la Vª Región; el 41% de las pertenecientes a la VIª Región y el 37% de las pertenecientes a la VIIª Región, presentan un caudal en bocatoma asociado. Todos aquellos casos con más de 4m³/s en bocatoma han sido analizados en el presente estudio, dicho universo es de 4 casos en la Vª Región; de 19 casos en la VIª Región y 12 casos en la VIIª Región.

ii.- “Levantamiento de Bocatomas en Cauces Naturales, IIª etapa”; MOP-DGA, CONIC BF Ing. Consultores.

Esta etapa identifica la cantidad de 2.864 bocatomas comprendidas entre las Regiones VIIª y VIIIª; las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera: 378 bocatomas de la VIIª Región y 2.864 de la VIIIª. Del total de bocatomas listadas, el 97% de las correspondientes a la VIIª Región y el 99% de las correspondientes a la VIIIª Región, presentan caudal asociado en bocatoma. Todos aquellos casos con más de 4m³/s en bocatoma han sido analizados en el presente estudio, dicho universo es de 35 casos.

2.3.-

iii.- “Levantamiento de bocatomas en cauces naturales, IIIª etapa”; MOP-DGA, CONIC BF Ing. Consultores.

Esta etapa identifica la cantidad de 1.659 bocatomas comprendidas entre las Regiones IIIª y IVª; de las cuales 317 bocatomas corresponden a la IIIª Región de Atacama y 1.342 bocatomas corresponden a la IVª Región de Coquimbo. Del total de bocatomas de la zona de interés listadas, el 86% de la IIIª Región y el 64% de las de la IVª Región presentan un caudal en bocatoma asociado. Todos aquellos casos con más de 4m³/s en bocatoma han sido analizados en el presente estudio, dicho universo es de 2 casos y corresponden a los canales “Turbina” de la IIIª Región y “Molino de Cárcamo” de la IVª Región.

El resumen de lo anterior se expresa en el Cuadro N°2.1 siguiente.

CUADRO N°2.1
UNIVERSO DE BOCATOMAS Y EXTRACCIONES EN CAUCES NATURALES
CON INFORMACIÓN DISPONIBLE DEL CAUDAL

FUENTE DE INFORMACIÓN DGA	REGIÓN	CANTIDAD DE BOCATOMAS Y EXTRACCIONES PRESENTADAS EN EL ESTUDIO	PORCENTAJE DEL TOTAL DE CAPTACIONES CON INFORMACIÓN DISPONIBLE SOBRE EL CAUDAL	OBSERVACIONES
			%	
Lev. Boc. Parte 3	IIIª	317	86	
Lev. Boc. Parte 3	IVª	1.342	64	
Lev. Boc. Parte 1	Vª	252	33	
Lev. Boc. Parte 1	VIª	799	41	En conjunto se presenta información del 54% de las bocatomas de la VIIª Región
Lev. Boc. Parte 1	VIIª	941	37	
Lev. Boc. Parte 2	VIIª	378	97	
Lev. Boc. Parte 2	VIIIª	2.864	99	
	SUBTOTAL:	Nº BT= 6.893	% PONDERADO = 74% EN 7 REGIONES	

Nota: La IXª y gran parte de la Región Metropolitana no están contenidas en estos estudios catastrales y la información de estas Regiones se extrajo de fuentes complementarias y estudios públicos.

2.1.2.1.2.- Base de datos del E-SIIR.

Desde el sistema de información integral de riego de la CNR, cuya base de datos se encuentra compilada en formato ArcView, se obtiene el siguiente resumen.

CUADRO N° 2.2
UNIVERSO DE CANALES, BOCATOMAS Y EXTRACCIONES DESDE
CAUCES NATURALES, REPRESENTADOS EN EL E-SIIR; CNR.

REGION	BOCATOMAS Y EXTRACCIONES DESDE CAUCES NATURALES [CANTIDAD]	CANALES [CANTIDAD]
III ^a	398	554
IV ^a	1.278	1.416
V ^a	479	733
VI ^a	798	753
VII ^a	1.285	2.026
VIII ^a	2.926	3.286
IX ^a	162	365
R.M.	328	848
SUBTOTAL :	7.654	9.981

Notas aclaratorias a los Cuadros:

- i.- En estas bases de datos o catastros, el término bocatoma se aplica a aquellas extracciones de los canales directamente de los cauces naturales, sin considerar las extracciones de los canales derivados originados en canales matrices, que también se incluyen en la segunda columna del Cuadro N°2.2. Sin embargo especialmente en la IV^a Región la mayoría de las extracciones citadas, corresponden a pequeños saques rústicos del tipo regueras y muchas mangueras de 4 pulgadas.
- ii.- La totalidad de las bocatomas han sido emplazadas en los planos de planta general de ubicación de las distintas regiones y que se encuentran anexos al informe, además se presentan en anexo, las tablas con las características básicas de las bocatomas representadas en los planos de planta general de cada Región.
- iii.- La totalidad de los casos que sobrepasa los 7.600, se presentan en anexo digital cuyo impreso equivale a más de 100 páginas de antecedentes.

2.1.2.1.3.- Registro de canales de gran capacidad DOH.

Sobre los antecedentes del Cuadro N°2.4: “CATASTRO NACIONAL DE OBRAS DE RIEGO: CANALES Y OBRAS DE REGADIO”, se han aplicado filtros basados en los siguientes criterios, los cuales han permitido construir el Cuadro N°2.3.

i.- Los canales de interés para el estudio pertenecen a la zona comprendida entre las Regiones IIIª y IXª ambas inclusive, además de la Región Metropolitana.-

ii.- Según las Bases del presente estudio, los canales de interés, deben considerar preferentemente una capacidad de porte superior a los 4m³/s.-

Los canales del Cuadro N°2.3 han sido analizados en el presente estudio e incluidos en análisis posteriores según la disponibilidad de la información.

CUADRO N°2.3
CANALES CON MAS DE 4m³/s DE CAPACIDAD SEGÚN DOH.

Nro	REGION	PROVINCIA	COMUNA	NOMBRE DEL CANAL	CAPACIDAD EN BOCATOMA m ³ /s
1	IV	Limarí	Ovalle	CANAL VILLALÓN	4,5
2	IV	Limarí	Ovalle	SIFÓN LA PLACA	4,5
3	IV	Limarí	Combarbalá	CANAL MATRIZ COGOTÍ	8,0
4	IV	Limarí	Ovalle	CANAL DERIVADO COGOTÍ	4,4
5	IV	Limarí	Ovalle	CANAL ALIMENTADOR RECOLETA	6,0
6	IV	Elqui	Vicuña Serena	CANALES BELLAVISTA LA HERRADURA	4,0
7	V	San Felipe	Putendo	CANAL PUTAENDO	5,5
8	V	Quillota	La Cruz	CANAL MAUCO	4,0
9	VI	Cachapoal	Peumo	CANAL COCALÁN	13,0
10	VI	Cachapoal	Rancagua	BOC. UNIDAS RIO CACHAPOAL	12,0
11	VII	Talca	Pelarlo Penehuc	PENCAHUE	12,0
12	VII	Linares	San Javier	SIFÓN LONCOMILLA	8,0
13	VII	Talca	Sn. Clemente Pelarlo	SIST. CANAL MAULE NORTE (con Laguna del Maule)	68,0
14	VII	Talca	Sn. Clemente Pelarlo	BOCATOMA Y CANAL LIRCAY – PROVIDENCIA	10,0
15	VII	Linares	San Javier	SISTEMA CANAL MAULE SUR	60,0
16	VII	Linares	Linares San Javier	CANAL MELOZAL	8,0
17	VII	Linares	Parral	CANAL ALIMENTADOR DIGUA	25,0
18	VII	Linares	Parral	CANAL MATRIZ DIGUA Y PER-FISCAL.	6,2
19	VII	Linares	Parral	CANAL PERQUILAUQUEN – CATO	4,0
20	VII	Ñuble	Ñiquén	CANAL PERQUILAUQUÉN – ÑIQUÉN	4,5

CUADRO Nº2.3 (continuación)
CANALES CON MAS DE 4m3/s DE CAPACIDAD SEGÚN DOH.

Nro	REGION	PROVINCIA	COMUNA	NOMBRE DEL CANAL	CAPACIDAD EN BOCATOMA m3/s
21	VII	Linares	Linares	CANAL PUTAGÁN	4,0
22	VII	Linares	Linares Colbún Longavi	MELADO	20,0
23	VII	Talca	Pelarco	SAN RAFAEL	4,0
24	VIII	Ñuble	Bulnes, Pemuco Yungay, El Carmen, Pinto San Ignacio	SISTEMA LAJA-DIGUILLÍN (CANALES MATRICES LAJA-DIGUILLÍN Y DIGUILLÍN-COLTON)	40,0
25	VIII	Bío - Bío	Los Ángeles	CANAL DUQUECO CUEL	6,5
26	VIII	Bío - Bío	Quilaco Negrete Mulchén	CANAL BÍO-BÍO SUR I y II Etapa	45,0
27	VIII	Bío-Bío	Nacimiento	CANAL BÍO-BÍO NEGRETE	18,0
28	VIII	Bío - Bío	Los Ángeles	CANAL COREO	8,3
29	VIII	Bío - Bío	Los Ángeles	CANAL LAJA SUR	42,0
30	VIII	Ñuble	Yungay	CANAL COLICHEO	45,0
31	IX	Cautín	Perquenco	CANAL PERQUENCO	1,0
32	IX	Cautín	Tem/Imperial	CANAL IMPERIAL	1,1
33	IX	Cautín	Vilcún	CANAL QUEPE	1,5
34	IX	Cautín	Cunco	CANAL ALLIPÉN	3,7
35	IX	Malleco	Victoria	CANAL CHUFQUÉN	2,0

CUADRO N°2.4:
LISTADO COMPLETO: “CATASTRO NACIONAL DE OBRAS DE RIEGO: CANALES Y
OBRAS DE REGADIO DE GRAN TAMAÑO”; (Fuente DOH)

REG.	PROV.	COMUNA	NOMBRE CANALES DOH	TIPO	CAPAC.	UNIDAD	SUPERFICIE BENEFICIADA (ha)	ESTADO DE CONSERV.	ADMINIST.
III	Huasco	Vallenar	CANALES III SECCIÓN HUASCO	mejoram.	3,0	m ³ /s	500	Bueno	Privada
IV	Limarí	Ovalle	CANAL VILLALÓN	mejoram.	4,5	m ³ /s	4.500	Bueno	Privada
IV	Limarí	Ovalle	SIFÓN LA PLACA	mejoram.	4,5	m ³ /s	2.500	Bueno	Privada
IV	Limarí	Ovalle	CANAL DERIVADO RECOLETA	Nueva	3,7	m ³ /s	9.000	Regular	Privada
IV	Limarí	Combarbalá	CANAL MATRIZ COGOTÍ	Nueva	8,0	m ³ /s	6.110	Regular	Privada
IV	Limarí	Ovalle	CANAL DERIVADO COGOTÍ	Nueva	4,4	m ³ /s	6.020	Regular	Privada
IV	Limarí	Ovalle	CANAL ALIMENTADOR RECOLETA	Nueva	6,0	m ³ /s		Malo	Privada
IV	Elqui	Vicuña Serena	CANALES BELLAVISTA LA HERRADURA	mejoram.	4,0	m ³ /s	4.000	Regular	Privada
V	San Felipe	Putendo	CANAL PUTAENDO	mejoram.	5,5	m ³ /s	6.050	Bueno	Privada
V	Quillota	La Cruz	CANAL MAUCO	Nueva	4,0	m ³ /s	4.000	Malo	Privada
VI	Cachapoal	Peumo	CANAL COCALÁN	Nueva	13,0	m ³ /s	10.000	Regular	Privada
VI	Cachapoal	Rancagua	BOC. UNIDAS RIO CACHAPOAL	Nueva	12,0	m ³ /s	12.000	Regular	Privada
VII	Talca	Pelarco Penciahue	PENCAHUE	Nueva	12,0	m ³ /s	11.200	Regular	Privada
VII	Linares	San Javier	SIFÓN LONCOMILLA	mejoram.	8,0	m ³ /s	7.450	Bueno	Privada
VII	Talca	Sn. Clemente Pelarlo	SIST. CAN. MAULE NORTE (con Lag del Maule)	Nueva	68,0	m ³ /s	77.300	Bueno	Privada
VII	Talca	Sn. Clemente Pelarlo	BOCATOMA Y CANAL LIRCAY - PROVIDENCIA	Nueva	10,0	m ³ /s	11.800	Bueno	Privada
VII	Linares	San Javier	SISTEMA CANAL MAULE SUR	Nueva	60,0	m ³ /s	42.600	Regular	Privada
VII	Linares	Linares San Javier	CANAL MELOZAL	Nueva	8,0	m ³ /s	7.450	Regular	Privada
VII	Linares	Parral	CANAL ALIMENTADOR DIGUA	Nueva	25,0	m ³ /s	24.300	Bueno	Privada
VII	Linares	Parral	CANAL MATRIZ DIGUA Y PER-FISCAL	Nueva	6,2	m ³ /s	24.800	Bueno	Privada
VII	Linares	Parral	CANAL PERQUILAUQUEN - CATO	Nueva	4,0	m ³ /s	3.000	Regular	Privada
VII	Ñuble	Ñiquén	CANAL PERQUILAUQUÉN - ÑIQUÉN	Nueva	4,5	m ³ /s	2.200	Regular	Privada
VII	Linares	Linares	CANAL PUTAGÁN	Nueva	4,0	m ³ /s	4.000	Regular	Privada
VII	Linares	Linares Colbún Longavi	MELADO	Nueva	20,0	m ³ /s	24.000	Regular	Privada
VII	Talca	Pelarlo	SAN RAFAEL	Nueva	4,0	m ³ /s	3.500	Regular	Privada

CUADRO N°2.4 (continuación)
 LISTADO COMPLETO: “CATASTRO NACIONAL DE OBRAS DE RIEGO: CANALES Y
 OBRAS DE REGADIO DE GRAN TAMAÑO”; (Fuente DOH)

REG.	PROV.	COMUNA	NOMBRE CANALES DOH	TIPO	CAPAC.	UNIDAD	SUPERFICIE BENEFICIADA (ha)	ESTADO DE CONSERV.	ADMINIST.
VIII	Ñuble	Bulnes, Temuco Yungay, El Carmen, Pinto San Ignacio	SISTEMA LAJA-DIGUILLÍN (CANALES MATRICES LAJA-DIGUILLÍN Y DIGUILLÍN-COLTON)	Nueva	40,0	m ³ /s	60.000	Bueno	Privada
VIII	Ñuble	Coihueco	CANAL MATRIZ COIHUECO	Nueva	2,0 a 4,0	m ³ /s	4.230	Regular	Privada
VIII	Bío - Bío	Los Ángeles	CANAL DUQUECO CUEL	Nueva	6,5	m ³ /s	5.500	Regular	Privada
VIII	Bío - Bío	Quilaco Negrete Mulchén	CANAL BÍO-BÍO SUR I y II Etapa	Nueva	45,0	m ³ /s	36.000	Regular	Privada
VIII	Bío-Bío	Nacimiento	CANAL BÍO-BÍO NEGRETE	Nueva	18,0	m ³ /s	10.000	Regular	Privada
VIII	Bío - Bío	Los Ángeles	CANAL COREO	Nueva	8,3	m ³ /s	3.000	Regular	Privada
VIII	Bío - Bío	Santa Bárbara	CANAL QUILLAILEO	Nueva	3,5	m ³ /s	3.200	Regular	Privada
VIII	Bío - Bío	Los Ángeles	CANAL LAJA SUR	Nueva	42,0	m ³ /s	50.000	Regular	Privada
VIII	Ñuble	Yungay	CANAL COLICHEO	Nueva	45,0	m ³ /s	4.600	Regular	Privada
VIII	Ñuble	Bulnes	CANAL QUILLÓN	Nueva	3,5	m ³ /s	2.285	Regular	Privada
VIII	Bío-Bío	Los Angeles	CANAL BIO-BIO NORTE	Nueva	8,5	m ³ /s	5.800	Regular	Privada
IX	Cautín	Pitrufquén	CANAL FAJA-MAISÁN	Nueva	4,1	m ³ /s	4.500	En construcción	Privada
IX	Cautín	Lautaro	CANAL PILLANLELBÚN	Nueva	3,5	m ³ /s	3.400	Regular	Privada
IX	Cautín	Perquenco	CANAL PERQUENCO	Nueva	4,2	m ³ /s	2.800	Regular	Privada
IX	Malleco	Angol	CANAL BIO-BIO III ETAPA	Nueva	4,5	m ³ /s	4.470	Regular	Privada
IX	Cautín	Temuco Imperial	CANAL IMPERIAL	Nueva	4,5	m ³ /s	3.200	Regular	Privada
IX	Cautín	Temuco	CANAL QUEPE	Nueva	6,0	m ³ /s	5.000	Regular	Privada
IX	Cautín	Temuco	CANAL ALLIPÉN	Nueva	15,0	m ³ /s	22.000	Regular	Privada
RM	Chacabuco	Colina	CHACABUCO	Nueva	3,0	m ³ /s	3.000	Regular	Privada
RM	Chacabuco	Colina	COLINA	Nueva	3,0	m ³ /s	2.250	Regular	Privada

2.1.2.1.4.- Catastros de usuarios; DGA.

Como complemento de las fuentes anteriormente señaladas, se consideraron los documentos y estudios señalados en el siguiente Cuadro N°2.5. En las cuencas controladas por Juntas de Vigilancia, se indica la distribución accionaria ó en su defecto las superficies de riego de los canales que extraen directamente de los ríos de las cuencas señaladas:

**CUADRO N°2.5
DOCUMENTOS Y ESTUDIOS SOBRE CUENCAS PRINCIPALES.**

REGION	DOCUMENTO	CAUCES NATURALES CONSIDERADOS
R.M	Documento Junta Vigilancia Río Mapocho	Primera Sección del río Mapocho. Región Metropolitana.
R.M	Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Maipo, realizado por el Dpto de Administración de Recursos Hídricos, DGA, Mayo 2003 S.D.T. N° 145	Primera Sección del río Maipo. Región Metropolitana.
Vª	Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Aconcagua Realizado por Dpto. Administración de Recursos Hídricos, DGA. Enero 2004 S.D.T. N° 165	Primera, Segunda, Tercera y Cuarta Secciones del río Aconcagua. Vª Región.
VIª	Estudio para mejorar la gestión regional y su coordinación con las organizaciones privadas de riego en el ámbito de la cuenca hidrográfica del río Rapel, VI Región. JTG Ingenieros. Noviembre 1997	
VIIª	Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Maule Realizado por DGA. Dirección Regional de Maule VII Región, Dpto. Administración de Recursos Hídricos Mayo 2005. S.D.T. N° 197	Río Claro Río Maule Río Ancoa Río Achibueno Río Longaví Río Lircay
VIIIª	Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Biobío Realizado por Dpto. Administración de Recursos Hídricos, DGA. Octubre 2004 S.D.T. N° 183	
VIIIª	Catastro general de usuarios de la Ribera derecha de la cuenca del río Bio-Bio y sus afluentes	
VIIIª	Catastro general de usuarios de la Ribera Izquierda de la cuenca del río Bio-Bio y sus afluentes	
IVª, Vª, VIª Y R.M.	Diagnóstico situación actual de las organizaciones de aguas a nivel nacional. Realizado por R.E.G. Ing. Consultores. S.I.T. N°55. Febrero de 1999	Río Elqui y afluentes. IVª Región. Río Illapel y afluentes. IVª Región. Río Limarí y afluentes. IVª Región. Río Aconcagua, Primera Sección. Vª región. Río Aconcagua, Quillota, 3ª Sección. Vª Región. Río Maipo, Primera Sección. Región Metropolitana. Río Cachapoal, Primera Sección. VIª Región.

2.1.2.2.- Embalses destinados a riego.

Sobre el listado “Catastro Nacional de Obras de Riego: Embalses” presentado en el Cuadro N°2.7 se aplican los siguientes filtros:

- i.- Las regiones de interés están comprendidas entre la IIIª y IXª ambas inclusive además de la Metropolitana.-
- ii.- Los embalses deben estar destinados a riego.-
- iii.- Se considerará embalses con una capacidad mínima de almacenamiento superior o igual a los 8 millones de m³, para asegurar un caudal mínimo de descarga que tenga algún interés para este estudio.
- iv.- Según las Bases del presente estudio, el caudal mínimo a considerar de las obras de riego debe ser superior a los 4 m³/s; este límite inferior se aplica a embalses con caudal máximo de descarga superior a dicho valor.
- v.- Considerando la altura máxima y el caudal máximo del embalse se filtra finalmente todos aquellos embalses que pueden lograr un potencial instalable a nivel de pie de presa, de al menos 1,5Mw.

El resultado de aplicar los filtros indicados en los puntos anteriores se presenta en el Cuadro N°2.6. Se incluye una estimación preliminar del potencial instalable considerando el caudal máximo y la altura del muro.

CUADRO N°2.6
EMBALSES DESTINADOS A RIEGO CON
ESTIMACIÓN PRELIMINAR DEL POTENCIAL HIDROELECTRICO

Nro	REG.	PROV.	COMUNA	NOMBRE EMBALSE DOH	CAPAC Hm ³	ALTURA MÁX. M	Q MÁX. m ³ /s	POTENCIAL INSTALABLE PRELIMINAR [Mw]
1	III	Huasco	Vallenar	EMB. SANTA JUANA	160	61	4.6	2.3
2	IV	Elqui	Vicuña	EMB. PUCLARO	200,0	83	5	3,4
3	IV	Choapa	Salamanca	EMB. CORRALES	50,0	76	5	3,1
4	IV	Elqui	Paihuano	EMB. LA LAGUNA	40,0	30	5	1,2
5	IV	Limarí	Monte Patria	EMB. PALOMA	755	70	8	4,6
6	IV	Limarí	Combarbalá	EMB. COGOTÍ	148,0	80	6	3,9
7	IV	Limarí	Ovalle	EMB. RECOLETA	97,0	40	6	2,0
8	VI	Colchagua	Chépica	EMB. CONV.VIEJO (II Etapa)	27,3	70	42	24,1
9	VI	Cachapoal	Rengo	EMB. LOS CRISTALES	8,7	30	4	1,0
10	VII	Talca	S. Clemente	EMB. LAG. DEL MAULE	1.420	38	60	18,7
11	VII	Linares	Parral	EMB. DIGUA	220,0	82	40	26,9
12	VII	Curicó	Romeral	EMB. EL PLANCHÓN	73,0	14	15	1,7
13	VII	Linares	Parral	EMB. BULLILEO	60,0	68	10	5,6

2.11.-

CUADRO N°2.7
LISTA COMPLETA: “CATASTRO NACIONAL DE OBRAS DE RIEGO: EMBALSES”
(Fuente: DOH-2007)

REG.	PROV.	COMUNA	NOMBRE EMBALSE DOH	CLASE	CAPAC.	UNIDAD	SUPERFICIE BENEFICIADA (ha)	ALTURA MÁX. m	CAUDAL MÁX. m ³ /s	ESTADO DE CONSERV.	ADMINIST.
III	Huasco	Vallenar	EMB. SANTA JUANA	REGULACION	160	Hm ³	10.000	61	4,6	Bueno	Fiscal
IV	Elqui	Vicuña	EMB. PUCLARO	REGULACIÓN	200,0	Hm ³	20.700	83	5	Bueno	Fiscal
IV	Choapa	Salamanca	EMB. CORRALES	REGULACIÓN	50,0	Hm ³	10.090	76	5	Bueno	Fiscal
IV	Elqui	Paihuano	EMB. LA LAGUNA	REGULACIÓN	40,0	Hm ³	11.000	30	5	Regular	Privada
IV	Limarí	Monte Patria	EMB. PALOMA	REGULACIÓN	755	Hm ³	54.500	70	8	Bueno	Fiscal
IV	Limarí	Combarbalá	EMB. COGOTÍ	REGULACIÓN	148,0	Hm ³	12.180	80	6	Bueno	Privada
IV	Limarí	Ovalle	EMB. RECOLETA	REGULACIÓN	97,0	Hm ³	12.400	40	6	Bueno	Privada
IV	Choapa	Los Vilos	EMB. CULIMO	REGULACIÓN	10,0	Hm ³	1.400	35	2	Regular	Privada
V	Quillota	Limache	EMB. AROMOS	REGULACIÓN	35	Hm ³	400	30	0,4	Bueno	Fiscal
V	Quillota	Limache	EMB. LLIU-LLIU	REGULACIÓN	2,3	Hm ³	370	18	0,5	Bueno	Privada
V	Valparaíso	Casablanca	EMB. PITAMA	REGULACIÓN	2,0	Hm ³	400	15	0,7	Regular	Privada
V	Valparaíso	Casablanca	EMB. LO OROZCO	REGULACIÓN	5,5	Hm ³	800	13	0,7	Regular	Privada
V	Valparaíso	Casablanca	EMB. LO OVALLE	REGULACIÓN	13,5	Hm ³	1.600	12	0,5	Regular	Privada
V	Valparaíso	Casablanca	EMB. PERALES DE TAPIHUE	REGULACIÓN	11,5	Hm ³	800	13	0,7	Regular	Privada
V	Valparaíso	Casablanca	EMB. PURÍSIMA	REGULACIÓN	2,4	Hm ³	400	18	0,8	Regular	Privada
V	San Antonio	San Antonio	EMB. CERRILLOS DE LEYDA	REGULACIÓN	3,4	Hm ³	400	17	0,7	Regular	Privada
VI	Colchagua	Chépica	EMB. CONV.VIEJO (II Etapa)	REGULACIÓN	27,3	Hm ³	27.430	70	42	Bueno	Fiscal
VI	Cachapoal	Rengo	EMB. LOS CRISTALES	REGULACIÓN	8,7	Hm ³	7.800	30	4	Bueno	Privada
VI	Colchagua	Lolol	EMB. LOLOL	REGULACIÓN	6,4	Hm ³	600	27	4	Regular	Privada
VII	Talca	S. Clemente	EMB. LAG. DEL MAULE	REGULACIÓN	1.420	Hm ³	200.000	38	60	Bueno	Fiscal
VII	Linares	Parral	EMB. DIGUA	REGULACIÓN	220,0	Hm ³	9.000	82	40	Bueno	Privada
VII	Curicó	Romeral	EMB. EL PLANCHÓN	REGULACIÓN	73,0	Hm ³	35.500	14	15	Regular	Privada
VII	Linares	Parral	EMB. BULLILEO	REGULACIÓN	60,0	Hm ³	32.400	68	10	Regular	Privada
VII	Cauquenes	Cauquenes	EMB. TUTUVEN	REGULACIÓN	13,0	Hm ³	2.160	30	2	Regular	Privada
VIII	Ñuble	Coihueco	EMB. COIHUECO	REGULACIÓN	29,0	Hm ³	4.230	29	4	Regular	Privada
IX	Malleco	Angol	EMB. HUELEHUEICO	REGULACIÓN	5,2	Hm ³	600	12		Regular	Privada
RM	Cordillera	San José de Maipo	EMB. EL YESO	REGULACIÓN	255,5	Hm ³		60	40	Bueno	Privada
RM	Chacabuco	Til-Til	EMB. RUNGUE	REGULACIÓN	2,0	Hm ³	600	20	0,8	Regular	Privada
RM	Santiago	Chacabuco	EMB. HUECHUN	REGULACIÓN	13,6	Hm ³	3.000	13	4	Regular	Privada

2.2.- Estimación de los caudales de generación.

En conformidad a la: “Metodología Propuesta Corregida y Programa de Trabajo Detallado”, contenida en el “Informe de Avance N°1 – Corregido”, fechado el 26 marzo 2007, se plantea una diferenciación metodológica de las situaciones fundamentales propuestas para generar con obras de riego, las cuales se indican a continuación. La primera consiste en la generación al interior de los sistemas de obras de riego existentes o en proyecto, sin alterar o interactuar con la fuente natural. La segunda corresponde a plantear la generación a través de una readecuación completa de saques de agua desde la fuente natural, unificando los canales en un tramo del cauce; el posterior avance en la concreción de estas ideas, exige un proceso legal que entre otras cosas, incluye el traslado del punto de captación de los derechos de agua de los canales ubicados a una cota más baja, hasta el canal de cota más alta.

En ambas situaciones señaladas, los derechos de agua consuntivos y permanentes que portean esas obras se emplean actualmente en regar, de este modo la generación asociada que se plantea, pretende incorporar un nuevo beneficio al uso actual de riego. Las precisiones legales y organizacionales que se requieran a futuro para avanzar en la concreción de este tipo de soluciones energéticas, deben ser materia de un análisis específico que supera a los alcances de esta consultoría.

En el listado de alternativas de interés para las unificaciones de bocatomas, también se incluyen canales con derechos de agua eventuales cuando tienen potencial hidroeléctrico compartido con otros canales de cotas más bajas. El ejercicio de sus derechos se limita a los años húmedos, lo cual constituye una limitación legal severa que impide equiparlos con los canales que tienen derechos permanentes. Este carácter de sus derechos, solamente les permitiría generar con sus aguas durante años hidrológicos de excedencia o con sobrantes hídricos, sin embargo durante esos años húmedos también se producen sobrantes de generación en las demás centrales hidroeléctricas. A cambio de esta limitante, los canales de derechos eventuales sólo podrían aportar su trazado si es elevado y compartirlo con los canales de cotas más bajas, generando sólo con las aguas de estos últimos si tienen carácter permanente, durante todos los años de vida útil del proyecto.

i).- Generación con derechos de cada organización individual.

Esta primera forma de proyecto de generación, se refiere al análisis de las obras de riego existentes o en proyecto, canales y embalses, en los cuales las capacidades de descarga son superiores a 4 m³/s, en los cuales se pueden aprovechar desniveles o caídas que permitan obtener potencias de generación de al menos 2 MW. En estos casos, las obras de generación se incorporarán a la red

2.13.-

interior de los canales o serán anexados a los embalses, sin alterar el régimen de extracciones desde el cauce natural o desde el embalse respectivo. Por tanto los caudales característicos para esta preselección, corresponde a los años de hidrología normal. Este potencial se estimó con todo el caudal en bocatoma (Q_0), junto con el desnivel bruto considerado hasta los 5 km del trazado inicial del canal (D_h). No obstante lo señalado, es materia del Capítulo N°4, la evaluación económica con la simulación operacional de 30 años de estadística que permite optimizar el caudal y la potencia respectiva.

Para los caudales estimados en los embalses, se diferencian entre aquellos que disponen de estudios públicos para generación, en cuyo caso simplemente se adoptaron los valores de: caudal, caída y potencia contenidos en esos estudios, considerando que su nivel de elaboración es más detallado que la presente consultoría. También se incluyen algunos embalses que no disponen de estudios de centrales asociadas, en las cuales el caudal corresponde a la demanda hídrica que se ha determinado con la superficie de riego, o bien se ha extraído de los estudios públicos referidos específicamente a dichas obras de riego que contienen los caudales de descarga. En estos casos de embalses, el potencial se estimó con todo el caudal en la descarga al pie del muro (Q_0), junto con el desnivel bruto (D_h) que mayoritariamente se consideró al pie del muro del embalse; sin embargo se incluyeron algunos casos en que existe un importante desnivel hacia aguas abajo de la presa, que se desarrolla en parte del cauce natural, ó bien se consulta alternativamente un canal de baja pendiente cuyo trazado permite obtener un desnivel adicional de gran interés para la generación.

Los caudales (Q_0) del potencial máximo estimado para los embalses, calculados para el año hidrológico 50%, se entregan en el listado del “Anexo C” adjunto.

ii).- Generación mediante unificación de bocatomas.

Esta segunda forma de proyecto de generación, corresponde al análisis de las unificaciones masivas de bocatomas de canales de riego sin embalse, ubicadas en las cabeceras de los ríos cuyos rendimientos hídricos pueden entregar sobre 4 m³/seg para regar. Para ser incluido entre las alternativas de interés, el caudal natural debe concentrarse en la bocatoma del canal de cota más alta y principalmente durante los meses de septiembre hasta abril, es decir el uso que debe prevalecer es para regar; asimismo éste señala el caudal máximo de captación y conducción.

La generación que se propone, consiste crear un desnivel suficiente entre el primer canal que se unifica y una agrupación de canales de cotas más bajas, en que estos últimos son los que propiamente aportan el caudal turbinable, que recibirán y repartirán para el riego, luego de pasar por la turbina. El primer canal ampliado captará en su bocatoma mejorada, todo el caudal de los canales que participan de la unificación, conduciéndolo hasta la ubicación de la cámara de carga de la central, generalmente hacia el final de su trazado; sin embargo en el camino deberá practicar entregas a riego para sus propios accionistas; estos últimos caudales no contribuyen a la generación, salvo durante el período invernal con escaso riego que permitirá incrementar el caudal turbinable. Así, el primer canal con trazado más elevado, participará del proyecto hidroeléctrico aportando principalmente la servidumbre de su trazado y la ubicación conveniente de su punto de captación.

Estas unificaciones masivas de canales suponen un reordenamiento total de las extracciones de agua en dichos cauces, hasta captar todo su rendimiento hídrico que satisface el objetivo del riego y que normalmente equivalen a sus derechos de aguas. A diferencia del caso (i) anterior, estos canales que podrían unificarse, generalmente no tienen las capacidades individuales mínimas de 4 m³/seg, sin embargo existen cauces naturales en que se podría acumular este caudal mediante la unificación, siempre que lo permita el rendimiento de la fuente hídrica en los meses de riego, destacando que el derecho de agua que se plantea emplear en generación, es el correspondiente al uso de riego actual.

Conforme se indica en el punto #3.1 de las Bases Técnicas de este estudio, se asume una simplificación para la confección del listado de unificaciones masivas en cabeceras de cuencas, orientados a elaborar el listado preliminar de potenciales hidroeléctricos del Capítulo N°3. Con este fin se preseleccionan cauces naturales cuyos rendimientos hídricos medios en la temporada de riego, son superiores a 4 m³/seg, en años hidrológicos del tipo 80% de probabilidad de excedencia que caracteriza la actividad del riego. En estas cabeceras de cuencas de tamaño menor, es escasa la información sobre los caudales que portean sus canales; en varios de estos cauces es necesario distribuir los caudales en los canales, calculándolos a partir de la demanda hídrica media de riego y extrayendo desde los estudios públicos la información básica de demandas unitarias por hectárea. En otros cauces, el caudal se infiere a partir de la distribución accionaria porcentual, aplicada sobre una estadística de caudales medios mensuales representativa de ese cauce, luego de realizar la transposición de caudales desde una estación cercana de aforo DGA con estadística rellena.

El caudal estimado para una eventual generación rentable basada en las unificaciones, debiera ser ampliamente superado por el caudal máximo que conducirán los canales unificados para regar en años normales, asegurándose así el valor escogido para generación.

Al igual que en el caso (i) anterior, en el Capítulo N°4 se contiene la optimización de la potencia y el caudal para generación, mediante la simulación operacional con 40 años de estadística de caudales medios mensuales, lo cual definirá su inclusión en el listado de centrales rentables a este nivel de análisis.

Si el caudal es menor a 4m³/s en la cabecera del cauce natural, en el punto de ubicación de la bocatoma más alta del conjunto de canales con opción de unificación, el cauce será considerado como fuera de Bases al no cumplir con el caudal mínimo para generar. Con este fin, se presentan en el siguiente Cuadro N°2.8, los rendimientos hídricos medios durante la temporada de riego desde septiembre hasta abril, en las cabeceras de cuencas en todas las Regiones del estudio, para un año con probabilidad de excedencia del 80% que es característica del riego. Los rendimientos específicos se determinaron a partir de registros fluviométricos en estaciones representativas de los fines específicos de este estudio. Se indica además la superficie de hoya tributaria mínima en cada Región, tal que generen caudales de al menos 4 m³/seg.

CUADRO N° 2.8
RENDIMIENTOS HIDRICOS MEDIOS PARA RIEGO
PERIODO SEPTIEMBRE - ABRIL

N°	REGION	RENDIMIENTO ESPECIFICO MEDIO DETERMINADO PARA CADA REGION (Lts/seg/Km2)	SUPERFICIE MINIMA DE HOYA TRIBUTARIA PARA PRODUCIR EL CAUDAL > 4 m ³ /s Km2
1	IIIª	0,2	16.680
2	IVª	1,4	2.814
3	Vª	2,1	1.866
4	RMª	2,8	1.429
5	VIª	15,1	265
6	VIIª	47,1	85
7	VIIIª	49,8	80
8	IXª	59	68

En este Cuadro N°2.8, se entrega una primera orientación para conocer los rendimientos hídricos de los cauces naturales, cuyos caudales de riego pueden cumplir con las Bases, para los efectos de las unificaciones en cabeceras de cuencas.

2.3.- Estimación de las alturas de caídas o desniveles para generación.

En el caso de algunos embalses mayores y tal como ya se indicó, existen estudios públicos que contienen las alturas de caídas las cuales se adoptaron en este informe, en atención al mayor detalle con que fueron elaborados. Debe considerarse que estas obras mayores cumplen funciones interanuales y no se vacían en la temporada de riego.

En el resto de los casos de embalses para riego que no disponen de proyectos públicos de generación, las alturas se estimaron considerando el desnivel en su interior. En algunos casos que presentaban aptitud topográfica, se añadió el desnivel existente en los cauces naturales a los cuales descargan, o bien el desnivel existente en el canal receptor de esas descargas. Debe considerarse que los embalses de riego de envergadura mediana a menor, se vacían durante el año, dificultando el aprovechamiento de la altura del agua en su interior; en cambio en estos casos se puede aprovechar el desnivel del cauce o canal de evacuación.

La estimación de los desniveles en los cauces naturales y en los canales artificiales se determinó mediante el uso de las Planchetas IGM a escala 1:50.000 con curvas cada 25 metros y en zonas de precordillera con marcado relieve, cada 50 metros. Considerando la necesidad de identificar alternativas de centrales con potencia mínimas de 2 Mw, se elaboraron perfiles longitudinales de los cauces naturales y artificiales en los cuales se graficaron las pendientes.

Luego de un análisis preliminar de casos típicos, se hicieron observaciones acerca de los rangos de longitudes de cauces en los cuales es factible emplazar minicentrales, concluyéndose que para potencias mínimas de 2 Mw, las longitudes de tuberías en presión o canales elevados nuevos, no debieran exceder los 2 Km por razones de costo y rentabilidad. De esta forma y a modo de referencia, se obtiene una relación aproximada de 1 Km/Mw como condición crítica de rentabilidad, manteniendo condiciones normales para el resto de los parámetros de la central. En el Capítulo N°4, se desarrollan los parámetros económicos relacionados con la rentabilidad de las centrales, que permiten determinar los costos máximos compatibles con la rentabilidad de la inversión.

En la construcción de los perfiles longitudinales, se han hecho consideraciones metodológicas para el mejor uso de la información cartográfica. De esta forma, para los rangos inferiores de $P=2$ Mw y $Q=4$ m³/seg, se requieren más de 60 metros de desnivel, los cuales en las Planchetas IGM equivalen a intersectar al menos dos curvas de nivel de 25 metros con el trazado del cauce o del canal.

La potencia de generación se considera según la expresión simplificada siguiente:

$$P \text{ efect. (Mw)} = 8,2 \times Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times Dh \text{ (m)}.$$

En que:

P efectiva = Potencia efectiva incluye un factor de eficiencia de 85% de la: turbina, generador y pérdidas de carga del escurrimiento por el ducto en presión, en Mw.

Dh = Desnivel total o bruto en metros, entre la captación y la probable central.

Q = Caudal bruto en captación, sin considerar pérdidas de conducción en m³/s.

Para caudales mayores a 6 m³/s, en el caso de canales, la determinación del desnivel mínimo de 40 metros para generación establecida, exigen de mayores antecedentes a los entregados por las curvas de nivel de las Planchetas IGM. De esta forma se debe acceder a planos de proyecto de los canales en cuestión, con sus perfiles longitudinales, o bien complementarse con los antecedentes topográficos disponibles en la base de datos E-SIIR de la CNR que contiene los trazados de los canales principales, además de las curvas de nivel IGM.

En algunas cuencas la CNR dispone de levantamientos aerofotogramétricos a escala 1:10.000, con curvas de nivel cada 2,5 metros, los cuales resultan de gran utilidad para este estudio.

Además es posible en muchos casos acceder a otras fuentes de información, tal como las fotos satelitales del Google Earth Plus, que en algunos casos permiten obtener desniveles con una precisión suficiente para los fines preliminares del presente estudio.

2.4.- Resumen metodológico para determinación de potenciales máximos.

2.4.1.- Caudales máximos y desniveles brutos.

Para la estimación de potenciales máximos o potencias instaladas máximas, se adoptó el caudal total de captación en bocatoma (Q_0), junto con el desnivel bruto entre la captación y la eventual central o punto de generación (D_h). Los casos se agrupan metodológicamente como sigue.

CUADRO N° 2.9
RESUMEN METODOLOGICO PARA ESTIMACION DE POTENCIALES

TIPO DE AGRUPACIÓN	TIPO CASO	Q_0 [m ³ /s]	D_h [m]
i.- Generación en canales con capacidad de al menos 4 m ³ /s, empleando los derechos de agua que maneja cada organización individual.	Caso Base	Capacidad en bocatoma del canal. Por información directa o estimada por derecho o por demanda hídrica de superficie servida	Desnivel bruto estimado entre la bocatoma y un punto en el canal a los 5 km si $Q_0 < 12 \text{ m}^3/\text{s}$ y a los 10km si $Q_0 > 12 \text{ m}^3/\text{s}$
	Caso Especial Con caída o desnivel interesante al interior del canal	Si la caída o desnivel esta incluida al inicio del canal, se considera la capacidad en bocatoma del canal. En cambio si la caída se encuentra en los kilómetros finales, se considera la mitad de la capacidad en bocatoma.	Desnivel bruto estimado en el tramo en que se desarrolla la caída.
ii.- Generación en embalses.	Caso Base Al pie	Caudal máximo que entrega el embalse	Diferencia de cotas entre el espejo de aguas del embalse y el pie de la presa.
	Caso Especial Aguas abajo de la presa	Caudal máximo que entrega el embalse	Diferencia de cotas entre el pie de la presa del embalse y un punto aguas abajo interesante para generación. En el caso de La Laguna de la IVª Región se considera 25 km aguas abajo.
iii.- Unificaciones de bocatomas de canales en cauces naturales organizados mediante Junta de Vigilancia, con distribución accionaria del agua.	Caso Base	Es la suma de los caudales de los canales con bocatoma ubicada aguas abajo del punto de generación. En invierno se considera además la suma del 70% de los caudales que se extraen entre la bocatoma y el punto de generación.	Desnivel bruto estimado entre la bocatoma unificada y el punto de generación a nivel del cauce natural.
iv.- Unificaciones masivas de bocatomas de canales en las cabeceras de cuencas sin Juntas de Vigilancia ó con organizaciones precarias sin acciones.	Caso Base	Es la suma de los caudales de los canales con bocatoma ubicada aguas abajo del punto de generación. En invierno se considera además la suma del 70% de los caudales que se extraen entre la bocatoma y el punto de generación.	Desnivel bruto estimado entre la bocatoma unificada y un punto en el cauce natural a los 5 km aguas abajo.

2.4.2.- Estimación del factor de planta, para el cálculo inicial del potencial hidroeléctrico.

A fin de obtener un potencial corregido con la aplicación de un factor de planta probable a cada caso analizado, se entrega su estimación preliminar con un valor por Región, determinado según el siguiente procedimiento.

i.- Para cada Región de interés, se ha escogido una estación DGA base y representativa, sobre la cual se ha construido la curva de duración general respectiva de los caudales medios anuales, considerando las estadísticas fluviométricas disponibles. En este caso se dispone información para un período de 50 años.

ii.- Los potenciales de generación se asocian a la capacidad máxima de porteo de los canales de riego, en que estos caudales en la zona central de Chile, se asemejan a una probabilidad hidrológica de excedencia anual del 40%. La estimación de las potencias instaladas en los casos analizados de obras de riego, corresponden a una aplicación de los factores de planta a cada alternativa de generación. Para esto, se ha estimado un factor por región, que permite entregar una potencia instalada, la cual corresponde al caudal propio de un año de excedencia 50%.

iii.- Con el caudal estimado y asociado a la excedencia 40%, se calcula una potencia instalada, supone una caída tipo de 100m, la cual luego, se simplifica o elimina en los cálculos del factor de planta.

$$P[Mw] = 8,2Q \cdot \Delta H$$

iv.- Con la potencia instalada calculada en el punto anterior, se determina el total de energía que la central produciría eventualmente en el periodo de 1 año, funcionando al máximo de su capacidad. Es decir:

$$Energía[Mwh] = 8.760P$$

Donde 8.760 corresponde al número de horas de 1 año. Además, para el período de los 50 años de estadística, el valor anterior se multiplica por 50.

v.- En paralelo, se determina la energía que efectivamente sería factible generar en la central para el período de los 50 años. Para ello se supone que el tamaño de la central está definida por el caudal asociado a la probabilidad de excedencia 50%, por lo que el caudal de la estadística se trunca a este valor. Con la estadística corregida, se determina la energía que efectivamente es posible generar para las condiciones hidrológicas año a año.

vi.- El factor de planta se estima entonces, como el cuociente entre la energía producida efectivamente en los 50 años de la estadística y la energía que la central produciría en el mismo periodo a plena capacidad.

Los resultados se resumen en el siguiente Cuadro N°2.10.

CUADRO N°2.10
ESTIMACION PRELIMINAR DE FACTORES DE PLANTA REGIONALES
- AÑOS HIDROLOGICOS 50% -

Región	FACTOR DE PLANTA ESTIMADO PRELIMINARMENTE (PROB. EXCEDENCIA 50%)
IIIª	0,65
IVª	0,72
Vª	0,72
VIª	0,87
VIIª	0,79
VIIIª	0,72
IXª	0,89
R.M.	0,73
Valor medio:	0,76

2.5.- Diagramas conceptuales o esquemas explicativos.

A fin de aclarar los casos típicos planteados para generar en obras de riego, se acompañan esquemas conceptuales que corresponden a los tipos siguientes:

- i.- Esquema conceptual para análisis de generación en canales con capacidad preferentemente mayor a 4m³/s y con los derechos de cada organización individual;
 - Cuadro N°2.11: Planta y perfil longitudinal del canal existente; situación actual.
 - Cuadro N°2.12: Planta y perfil longitudinal del canal existente; situación proyectada.
- ii.- Esquema conceptual central al pie de embalse destinado a riego.
 - Cuadro N°2.13: Planta en situación proyectada.
- iii.- Esquema conceptual central aguas abajo de embalse destinado a riego;
 - Cuadro N°2.14: Planta en situación proyectada.
- iv.- Esquema conceptual para unificación de bocatomas.
 - Cuadro N°2.15: Planta y perfil longitudinal del cauce natural en situación actual.
 - Cuadro N°2.16: Planta y perfil longitudinal del cauce natural en situación proyectada.

A continuación, se acompañan los diagramas conceptuales explicativos de cada una de las situaciones anteriormente indicadas, los cuales se presentan en los Cuadros N°2.11 al N°2.16.-

Aquí van 6 páginas de croquis de esquemas conceptuales de las soluciones estudiadas.

Archivo adjunto “ cuadros 2.11-2.16.dwg”

2.23.-
2.24.-
2.25.-
2.26.-
2.27.-
2.28.-

2.6.- Ejemplos de aplicación de metodologías a los cuatro casos típicos.

Con el objeto de facilitar la adecuada comprensión de las aplicaciones metodológicas señaladas en este Capítulo N°2, se elaboraron ejemplos de los cuatro casos típicos, aplicados a las siguientes alternativas:

- Ejemplo N°1: Generación al interior de los canales. Caso del Canal La Cañada. VIIª Región Río Teno.
- Ejemplo N°2: Generación con embalses. Caso de central de pasada aguas abajo del Embalse La Laguna. IVª Región, Río Elqui.
- Ejemplo N°3: Generación mediante unificación de bocatomas: Caso del Río Claro de Rengo en su Primera Sección. VIª Región.
- Ejemplo N°4: Generación mediante unificación masiva de bocatomas en la cabecera del Río Lontué. VIIª Región.

En las siguientes páginas se acompañan los antecedentes elaborados para los cuatro ejemplos señalados, con sus planos o fotos de ubicación, diagramas, perfiles y cálculos de potenciales.

En los Anexos B, C y D se contiene la determinación de todos los potenciales en canales y embalses.

Se consideran los siguientes ejemplos:

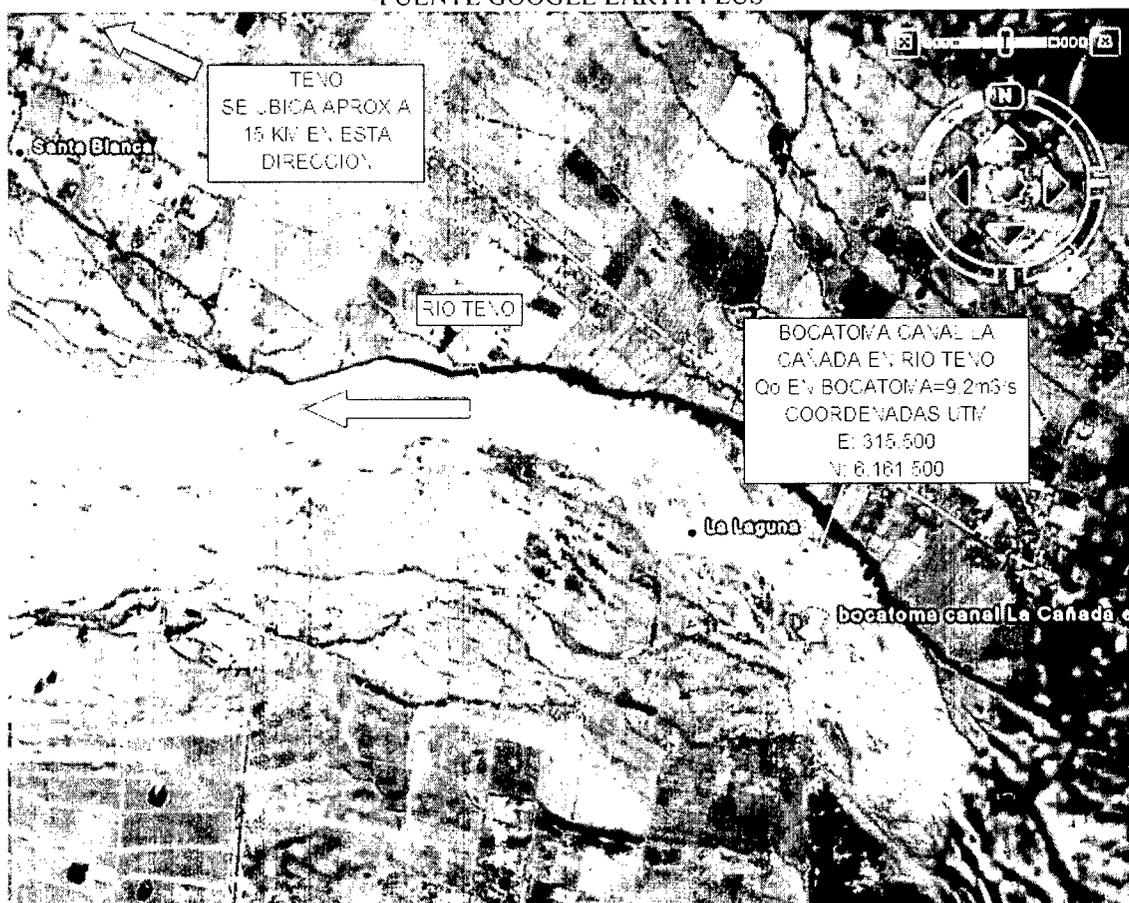
- i.- Generación en canales con capacidad de al menos 4 m³/s, empleando los derechos de agua que maneja cada organización individual.

EJEMPLO N°1.-

Canal: La Cañada.

Ubicación: VIIª región, río Teno.

CUADRO N°2.17
PLANTA SATELITAL DE LA UBICACIÓN DE LA BOCATOMA DEL CANAL LA CAÑADA EN EL RÍO TENO.
-FUENTE GOOGLE EARTH PLUS-



Capacidad en bocatoma Qo: 9,2m³/s

Dado que este canal tiene una capacidad en bocatoma menor a 12m³/s se estimará el desnivel bruto desde la bocatoma hasta el kilómetro 5 de su trazado.

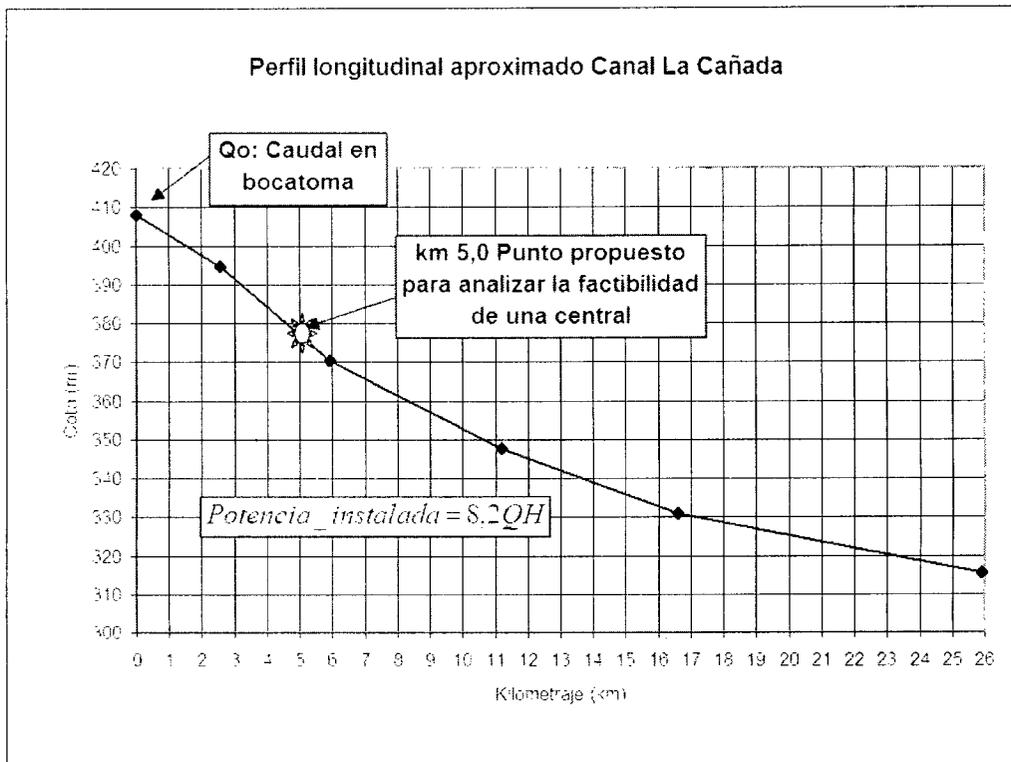
Desnivel bruto desde la bocatoma hasta el kilómetro 5 del trazado del canal: 31m.

Se define el potencial instalable de la central como:

$$Potencial_instalable = 8,2QH$$

Donde Q es el caudal en bocatoma Q_0 y H es el desnivel bruto a considerar entre la bocatoma y el kilómetro 5 del trazado del canal.

CUADRO N°2.18
PERFIL LONGITUDINAL APROXIMADO CANAL LA CAÑADA



De acuerdo a lo anterior, $H=31\text{m}$ y $Q=Q_0=9,2\text{m}^3/\text{s}$. entonces el potencial instalable de la central es: $P=2,3\text{Mw}$

Según se ha estimado en primera aproximación el Factor de Planta asociado a una hidrología 50% en la VIIª Región es 0,79. Las potencias estimadas para este caso se resumen en el siguiente Cuadro N°2.19:

CUADRO N°2.19
POTENCIALES ESTIMADOS CONSIDERANDO UN FACTOR DE PLANTA 0,79

POTENCIAL INSTALABLE	POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO FACTOR DE PLANTA IGUAL A 0,79 EL CUAL ESTA ASOCIADO A HIDROLOGÍA 50%
[Mw]	[Mw]
2,3	1,8

Conclusiones del ejemplo presentado: el canal La Cañada de la VIIª Región presenta una capacidad en bocatoma superior a los 4m³/s solicitados por las Bases del presente estudio. El potencial instalado se estima considerando el desnivel bruto entre la bocatoma y el kilómetro 5 del trazado del canal, y la totalidad de la capacidad en bocatoma y su valor es de 2,3Mw. Si se considera un factor de planta preliminar asociados a la hidrología 50% se obtiene el potencial 1,8Mw. Este último resultado correspondería en primera aproximación a un valor medio esperable de generación en el tiempo por parte de la central.

ii.- Generación en embalses.

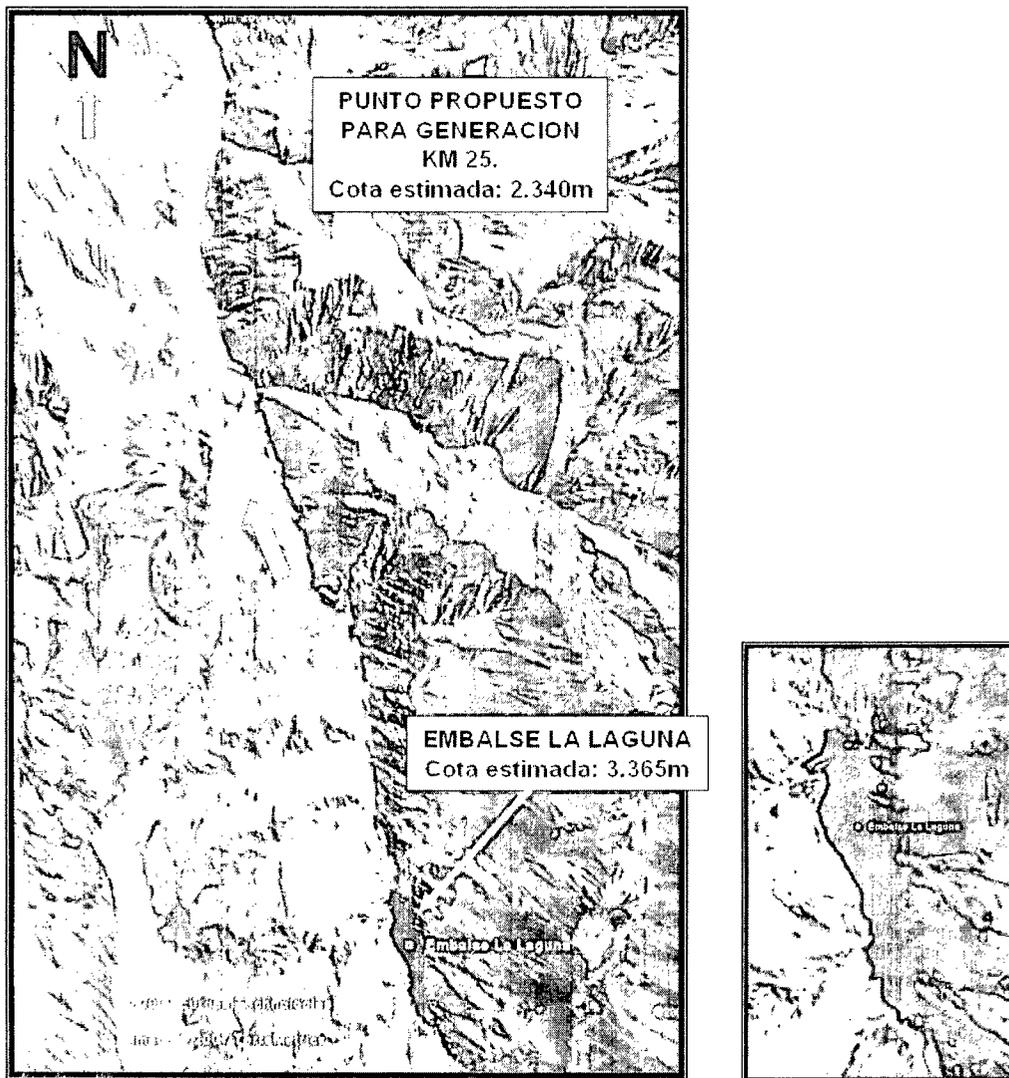
EJEMPLO N° 2.-

GENERACIÓN EN CENTRAL DE PASADA AGUAS ABAJO DEL EMBALSE LA LAGUNA.

Ubicación: IVª Región, Elqui.

El embalse La Laguna tiene asignado entregas por 2m³/s según la resolución DGA N°351. Lo cual deja fuera de bases su análisis, en todo caso, aguas abajo del muro de presa, se tiene una caída importante, estimada en torno a los 1.000 metros de desnivel bruto, por lo que se desarrollará su análisis en términos del importante potencial de generación.

CUADRO N°2.20
PLANTA SATELITAL DEL ENTORNO DEL EMBALSE LA LAGUNA
- FUENTE GOOGLE EARTH PLUS -



2.33.-

El punto de generación se estima a unos 25 kilómetros aguas abajo desde el muro de presa.

Desnivel bruto para generación: estimado en 1.025m. el cual corresponde al desnivel estimado entre la cota del espejo de aguas del embalse (cota estimada en 3.365m) y un punto en el cauce natural ubicado a unos 25 km. aguas abajo del muro de la presa (cota estimada en 2.340m)

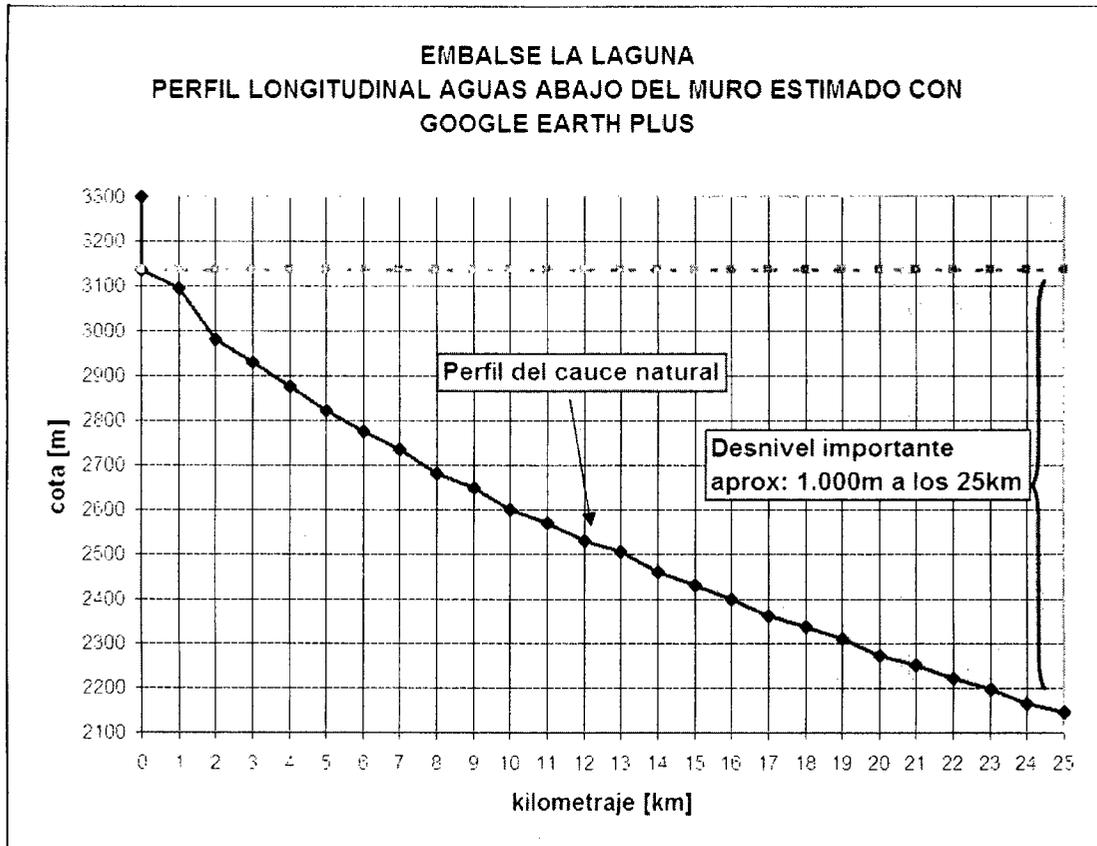
El caudal considerado para generación Q_0 es $2\text{m}^3/\text{s}$ según Resolución DGA N°351.

Se define el potencial instalable de la central como:

$$\text{Potencial}_{\text{instalable}} = 8,2QH$$

Donde Q es el caudal considerado para generación Q_0 y H es el desnivel bruto a considerar entre el espejo de agua del embalse y el kilómetro 25 del trazado del cauce natural.

CUADRO N°2.21
PERFIL LONGITUDINAL EMBALSE LA LAGUNA AGUAS ABAJO DEL MURO



De acuerdo a lo anterior, se tiene que $H=1.025\text{m}$ y $Q=Q_0=2\text{m}^3/\text{s}$. entonces el potencial instalable de la central es $P=16\text{Mw}$

Según se ha estimado en primera aproximación el Factor de Planta asociado a la hidrología 50% en la IVª Región es 0,72. Las potencias estimadas para este caso se resumen en la siguiente tabla:

CUADRO N°2.22
POTENCIALES ESTIMADOS CONSIDERANDO UN FACTOR DE PLANTA 0,72.

POTENCIAL INSTALABLE	POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO FACTOR DE PLANTA IGUAL A 0,72 EL CUAL ESTA ASOCIADO A HIDROLOGÍA 50%
[Mw]	[Mw]
16	11,5

Conclusiones del ejemplo: el embalse La Laguna, ubicado en la cordillera de la IVª Región presenta entregas normadas por la resolución DGA N°351 a un caudal de entrega $Q_0=2\text{m}^3/\text{s}$ lo cual lo deja fuera de Bases del presente estudio, a pesar de ello se incluye su análisis debido a la presencia de desniveles importantes aguas abajo del muro de presa, en particular, se estima que a los 25km aguas abajo el desnivel es de unos 1.025 metros. De acuerdo a lo anterior, el potencial instalable es de unos 16Mw, valor superior a los 2Mw solicitados por Bases del estudio.

Si se considera un factor de planta preliminar asociado a la hidrología 50% se obtiene un potencial de 11,5Mw y correspondería en primera aproximación a un valor medio esperable de generación en el tiempo por parte de la central.

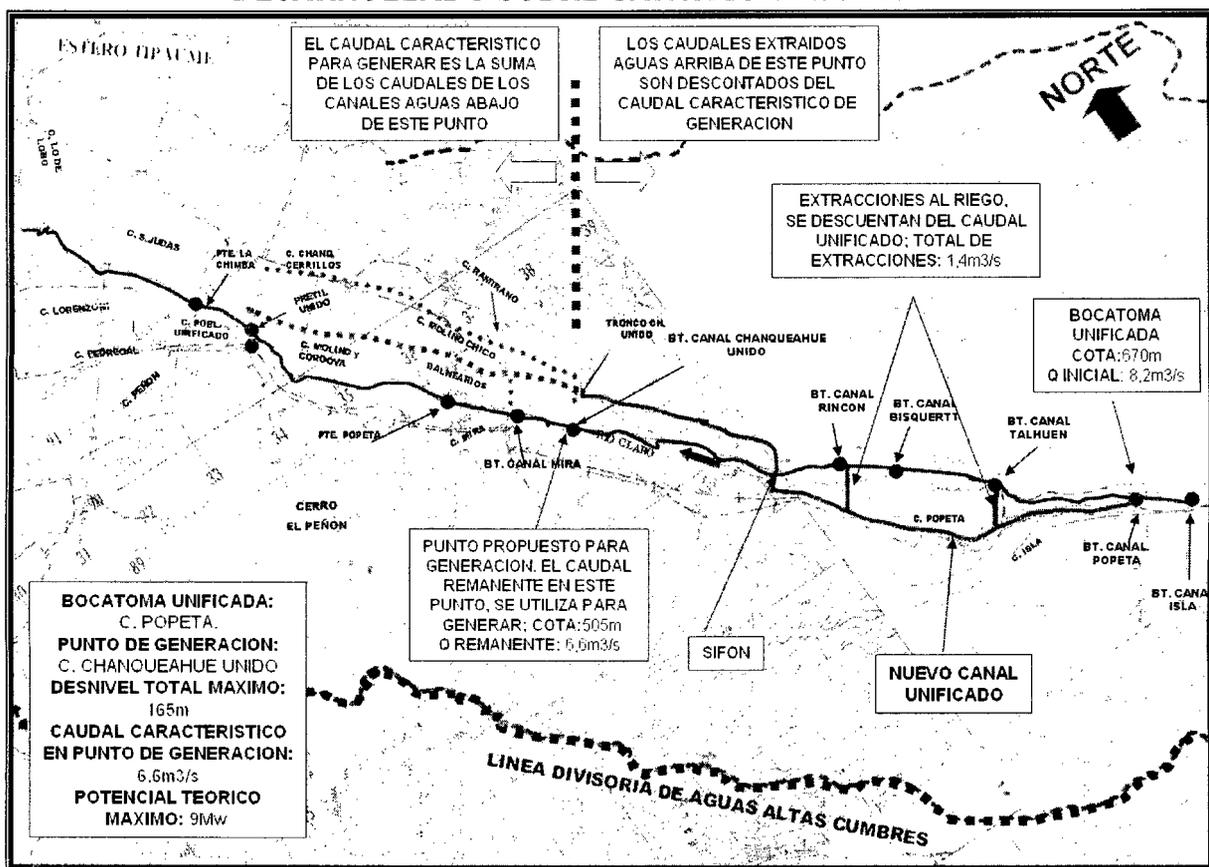
iii.- Unificaciones de bocatomas de canales en cauces naturales organizados mediante Junta de Vigilancia, con distribución accionaria del agua.

EJEMPLO N° 3.-

UNIFICACION DE BOCATOMAS DE LA PRIMERA SECCION DEL RIO CLARO DE RENGO

Ubicación: VIª Región.

CUADRO N°2.23
ESQUEMA EN PLANTA DE LA UNIFICACIÓN PROPUESTA
DESARROLLADO SOBRE CARTA IGM 1:50.000



Los canales participantes en la unificación son todos los canales pertenecientes a la primera sección del río Claro de Rengo, con excepción del canal Islas, que está ubicado aguas arriba del punto de unificación propuesto.

El punto de unificación propuesto corresponde a la ubicación actual de la bocatoma del Canal Popeta, el cual presenta una cota estimada de 670m.

El punto de generación propuesto corresponde a la ubicación actual de la bocatoma del Canal Tronco Chanqueahue Unido, el cual presenta una cota estimada en 505m.

El desnivel total bruto se estima en 165m y corresponde a la diferencia de cotas entre la bocatoma unificada en la actual toma del canal Popeta y la devolución en el canal Tronco Chanqueahue Unido.

El caudal en la bocatoma unificada es de unos 8,2m³/s y corresponde a la suma de todos los caudales de la Primera Sección con excepción del canal Islas ya señalado.

Entre los puntos de toma unificada y de generación se producen demandas por derecho de los canales Bisquert, Talhuén y Rincón, los cuales en conjunto descuentan 1,4m³/s, al caudal de entrada de la bocatoma unificada.

Finalmente el caudal de generación Q_0 es de 6,6m³/s, este valor considera el descuento de las extracciones o devoluciones al riego de los canales Bisquert, Talhuén y Rincón ubicados aguas abajo de la bocatoma unificada y aguas arriba del punto de generación.

El Tipo de central es del tipo de paso.

Se define el potencial instalable de la central como:

$$Potencial_instalable = 8,2QH$$

Donde Q es el caudal considerado para generación Q_0 y H es el desnivel bruto estimado entre las bocatomas unificada (actual Canal Popeta) y la devolución en la toma actual del canal Tronco Chanqueahue Unido en el kilómetro 8,5 del trazado del cauce natural en este caso el río Claro de Rengo.

De acuerdo a lo anterior se tiene que $H=165m$ y $Q=Q_0=6,6m^3/s$. entonces el potencial instalable de la central es $P=8,9Mw$.

Según se ha estimado en primera aproximación el Factor de Planta asociado a una hidrología 50% en la VIª Región es: 0,87. Los potenciales estimados para este caso se resumen en la siguiente tabla:

CUADRO N°2.24
POTENCIALES ESTIMADOS CONSIDERANDO UN FACTOR DE PLANTA 0,87.

POTENCIAL INSTALABLE	POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO FACTOR DE PLANTA IGUAL A 0,87 EL CUAL ESTA ASOCIADO A HIDROLOGÍA 50%
[Mw]	[Mw]
8,9	7,7

Observaciones: el caudal de generación corresponde a los caudales ajustados a derecho de todos los canales ubicados aguas abajo del punto de generación, incluido el Chanqueahue Unido. El desnivel corresponde a la diferencia de cota estimada entre las bocatomas de los canales Popeta y Chanqueahue Unido.

Conclusiones del presente ejemplo: esta unificación de canales conduce un caudal superior a los 4 m³/s solicitados por Bases. El potencial hidroeléctrico instalado se estima en 8,9Mw superior a los 2Mw solicitados en las Bases del estudio. Por lo que este caso será analizado en próxima etapa del estudio, determinando su potencial optimizado mediante la simulación operacional de 30 años por 12 meses de estadística hidrológica.

Si se considera un factor de planta preliminar asociado a la hidrología 50% se obtiene un potencial 7,7Mw, y correspondería en primera aproximación a un valor medio esperable de generación en el tiempo por parte de la central.

iv.- Unificaciones masivas de bocatomas de canales en las cabeceras de cuencas sin Juntas de Vigilancia ó con organizaciones precarias sin acciones.

EJEMPLO N° 4.-

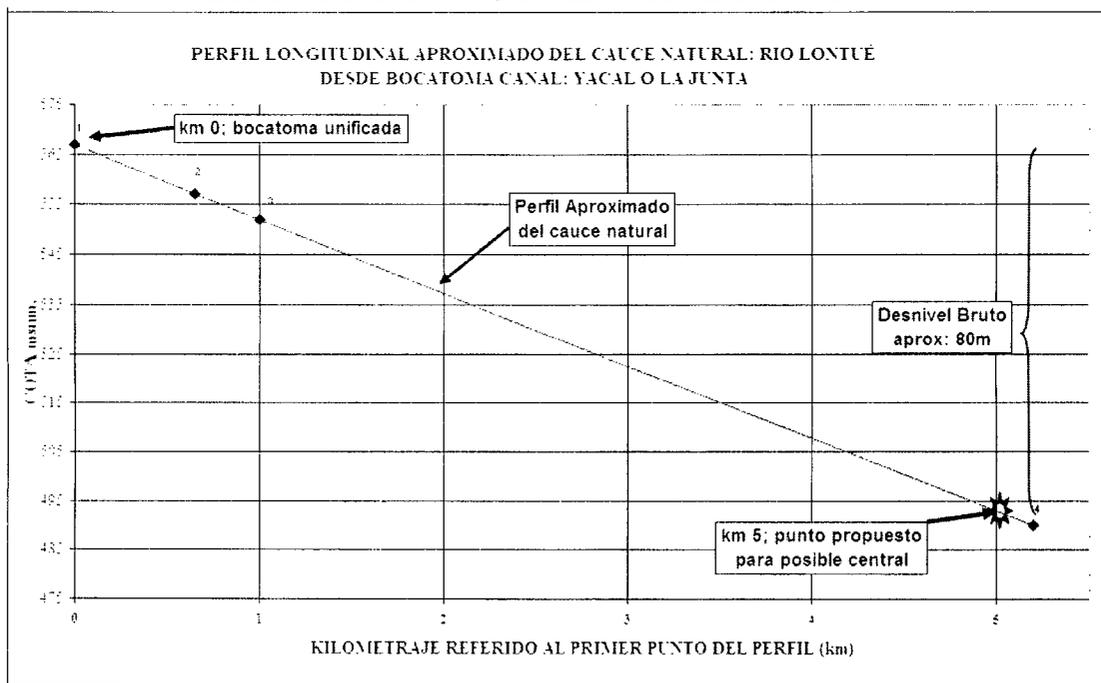
UNIFICACION MASIVA DE BOCATOMAS EN LA CABECERA DEL RÍO LONTUE

Ubicación: VIIª Región, río Lontué.

Canales participantes de la unificación: todos los canales pertenecientes al unificar del río Lontué, y que estén ubicados hasta 10 kilómetros aguas abajo de la bocatoma en la que se unificaran. El unifilar del río se extrae desde el “Estudio de síntesis de catastros de usuarios de agua e infraestructuras de aprovechamiento” DGA, R Edwards G. Ingenieros Ltda. Octubre de 1991.

En este caso la bocatoma en la que se unificaran los canales será el Canal Yacal o La Junta (km 0 del perfil longitudinal).

CUADRO N°2.25
PERFIL LONGITUDINAL APROXIMADO DEL CAUCE NATURAL: RIO LONTUÉ
DESDE BOCATOMA CANAL: YACAL O LA JUNTA



Como se propuso en la metodología el punto de generación se estima en el cauce natural y está ubicado a unos 5 kilómetros aguas abajo desde la bocatoma unificada.

El desnivel bruto para generación se estima en unos 80m.

La disponibilidad hídrica a nivel de cauce natural y a la altura de la bocatoma unificada se ha estimado en unos 16m³/s.

El caudal considerado para generación Q_o es de unos 9,3m³/s, este valor es menor a la disponibilidad hídrica en el cauce, y está acotada a la suma de las demandas hídricas estimadas de los canales que se unifican.

Se define el potencial instalable de la central como:

$$Potencial_instalable = 8,2QH$$

Donde Q es el caudal considerado para generación Q_o y H es el desnivel bruto a considerar entre la bocatoma unificada y el kilómetro 5 del trazado del cauce natural.

De acuerdo a lo anterior, se tiene que H=80m y Q=Q_o=9,3m³/s. entonces el potencial instalable de la central será: P=6,1Mw.

Según se ha estimado en primera aproximación el Factor de Planta asociado a una hidrología 50% en la VII^a Región es: 0,79. Los potenciales estimados para este caso se resumen en la siguiente tabla:

CUADRO N°2.26
POTENCIALES ESTIMADOS CONSIDERANDO UN FACTOR DE PLANTA 0,79.

POTENCIAL INSTALABLE	POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO FACTOR DE PLANTA IGUAL A 0,79 EL CUAL ESTA ASOCIADO A HIDROLOGÍA 50%
[Mw]	[Mw]
6.1	4.8

Conclusiones del ejemplo: la unificación de las bocatomas de la cabecera del río Lontué presentan un caudal por demanda de riego de 9,3m³/s superior a los 4m³/s solicitados por base del estudio. El potencial instalado considerando el desnivel bruto entre la bocatoma unificada y el kilómetro 5 del trazado del canal, y la totalidad de los caudales demandados por riego, es de 6,1Mw. Si se considera un factor de planta preliminar asociado a la hidrología 50% se obtiene una potencia de 4,8Mw y correspondería en primera aproximación a un valor medio esperable de generación en el tiempo por parte de la central.

3.-	Ranking por potencia de eventuales centrales.	3.2.-
3.1.-	Ordenamiento de los listados de eventuales centrales según potencia.	3.2.-
3.2.-	Resumen de potenciales máximos estimados por Región.	3.5.-
3.3.-	Ranking de eventuales centrales con potenciales estimados en cuatro casos o agrupaciones.	3.8.-
3.4.-	Extracto de potenciales instalables en las alternativas de centrales por Región.	3.17.-

3.- Ranking por potencial de eventuales centrales.

3.1.- Ordenamiento de los listados de eventuales centrales según potencial.

Mediante la aplicación metodológica señalada en el Capítulo N°2 anterior, se confeccionó la nómina de casos preseleccionados con el total del caudal disponible, preferentemente de al menos 4 m³/s y potenciales superiores o iguales a 2 MW estimadas en una primera aproximación. En los Anexos se entregan las memorias para la determinación de los caudales característicos y los desniveles disponibles, que permiten estimar los casos que se presentan en los listados.

Con el objeto de ordenar el análisis del siguiente Capítulo N°4, los casos de eventual generación asociada a obras de riego existentes o en proyecto se separaron en cuatro listados, debidamente rankeados según su eventual potencial instalable en forma preliminar, agrupándolos según las denominaciones que se indican a continuación.

- i.- Generación en canales con capacidad de al menos 4 m³/s, empleando los derechos de agua que maneja cada organización individual.
- ii.- Generación en embalses.
- iii.- Unificaciones de bocatomas de canales en cauces naturales organizados mediante Junta de Vigilancia, con distribución accionaria del agua.
- iv.- Unificaciones masivas de bocatomas de canales en las cabeceras de cuencas sin Juntas de Vigilancia ó con organizaciones precarias sin acciones.

3.2.-

i.- Caso: Generación al interior de los canales.

CUADRO N°3.1
ESTIMACION DEL POTENCIAL INSTALADO PARA CANALES

i.- Generación al interior de los canales con capacidad de al menos 4 m³/s, empleando los derechos de agua que maneja cada organización individual			
Región	Fracción del potencial instalable estimado considerando sólo valores de P<2,0 Mw (Mw)	Fracción del potencial instalable estimado considerando sólo valores P> 2,0 Mw (Mw)	Potencial instalable total estimado Potencias mayores y menores a 2,0 Mw y caudal preferentemente mayor a 4 m³/s (Mw)
IIIª	5,6	0,0	5,6
IVª	7,3	0,0	7,3
Vª	8,7	2,6	11,3
VIª	19,9	42,3	62,2
VIIª	37,2	109,6	146,8
VIIIª	16,9	61,9	78,8
IXª	4,3	16,7	21
RM	2,7	21,5	24,2
Subtotal Mw:	102,6	254,6	357,2

Se destaca el gran potencial bajo los 2Mw entre aquellos canales detectados con caudal superior a 4 m³/s. Considerando que el universo de análisis sólo toma en cuenta canales sobre 4m³/s, estos conforman un subconjunto menor entre el total de canales existentes que podrían aportar potencia.

ii.- Generación desde embalses.

CUADRO N°3.2
ESTIMACION DEL POTENCIAL INSTALADO PARA EMBALSES

ii.- Generación en embalses al pie y de pasada.				
Nro	Región	Cantidad de embalses analizados	Fracción de la potencia instalada estimada considerando sólo aquellos valores mayores que 2Mw [Mw]	Potencia instalada total estimada [Mw]
1	IIIª	2	5,4	6,2
2	IVª	5	36	36
3	Vª	2	12,1	12,1
4	VIª	2	21,2	21,2
5	VIIª	4	52,7	53,2
6	VIIIª	1	94,0	94,0
7	IXª	0	0,0	0,0
8	RM	0	0,0	0,0
	TOTAL	16	221,4	222,7

iii.- Generación con unificación de canales en cauces organizados con distribución accionaria.

CUADRO N°3.3
ESTIMACION DEL POTENCIAL INSTALADO PARA UNIFICACIONES DE BT

iii.- Unificación de bocatomas de canales en canales en cauces naturales organizados.	
Región	Fracción del potencial instalado estimado considerando sólo aquellos valores mayores que 2Mw (Mw)
IIIª	0,0
IVª	0,0
Vª	14,3
VIª	87,6
VIIª	0,0
VIIIª	55,8
IXª	0,0
RM	4,3
Subtotal (Mw) :	162

- iv.- Generación con unificación de canales en cabecera de cuencas con organizaciones precarias o sin acciones.

CUADRO N°3.4
ESTIMACION DEL POTENCIAL INSTALADO PARA UNIFICACIONES MASIVAS DE BT EN CAUCES DE ORGANIZACIONES PRECARIAS

iv.- Unificaciones masivas de bocatomas de canales en cabeceras de cuencas, con organizaciones precarias o sin acciones.				
Nro	Región	Cantidad de casos	Potencial instalado total estimado [Mw]	Fracción del potencial instalado estimado considerando sólo aquellos valores mayores que 2Mw [Mw]
1	IIIª	10	4,4	0,0
2	IVª	20	19,4	5,4
3	Vª	8	6,4	2,2
4	VIª	4	8,6	6,9
5	VIIª	7	26,9	23,9
6	VIIIª	14	37	31,8
7	IXª	9	13,6	10,3
8	RM	8	8	2,5
	TOTAL	80	124,3	83

3.2.- Resumen de potenciales máximos estimados por Región.

CUADRO N°3.5
RESUMEN ESTIMACION DE POTENCIALES MAXIMOS INSTALABLE POR TIPO DE AGRUPACION PARA EVENTUALES CENTRALES PREFERENTEMENTE CON $P > 2,0 \text{ Mw}$ Y $Q > 4\text{m}^3/\text{s}$

Nº	AGRUPACIONES Regiones IIIª a IXª y RM	ESTIMACION POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO SOLO AQUELLOS VALORES MAYORES QUE 2,0 Mw (Mw)
i	GENERACION EN CANALES CON CAPACIDAD DE AL MENOS 4 m ³ /s. GENERANDO CON LOS DERECHOS DE AGUA DE CADA ORGANIZACIÓN INDIVIDUAL	254,6
ii	GENERACIÓN EN EMBALSES.	221,4
iii	UNIFICACIONES DE BOCATOMAS DE CANALES EN CAUCES NATURALES ORGANIZADOS.	162
iv	UNIFICACIONES MASIVAS DE BOCATOMAS DE CANALES EN CABECERAS DE CUENCAS. CON ORGANIZACIONES PRECARIAS O SIN ACCIONES.	83
	TOTAL PRELIMINAR:	721

3.5.-

CUADRO N°3.6
RESUMEN ESTIMACION DE POTENCIALES MAXIMOS
POR TIPO DE AGRUPACION
PARA EVENTUALES CENTRALES PREFERENTEMENTE CON P < 2,0 Mw Y Q > 4m3/s

N°	AGRUPACIONES Regiones IIIª a IXª y RM	ESTIMACION POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO SOLO AQUELLOS VALORES MAYORES QUE 2,0 Mw (MW)
i	GENERACION EN CANALES CON CAPACIDAD DE AL MENOS 4 m3/s, GENERANDO CON LOS DERECHOS DE AGUA DE CADA ORGANIZACIÓN INDIVIDUAL	102,6
ii	GENERACIÓN EN EMBALSES.	1,3
iii	UNIFICACIONES DE BOCATOMAS DE CANALES EN CAUCES NATURALES ORGANIZADOS.	0
iv	UNIFICACIONES MASIVAS DE BOCATOMAS DE CANALES EN CABECERAS DE CUENCAS. CON ORGANIZACIONES PRECARIAS O SIN ACCIONES.	41,3
TOTAL PRELIMINAR:		145,2

CUADRO N°3.7
RESUMEN ESTIMACION DE POTENCIALES MAXIMOS
POR TIPO DE AGRUPACION
PARA EVENTUALES CENTRALES PREFERENTEMENTE Q > 4m3/s
SUMA DE LOS CUADROS 3.5 Y 3.6

N°	AGRUPACIONES Regiones IIIª a IXª y RM	ESTIMACION POTENCIAL INSTALABLE CONSIDERANDO SOLO AQUELLOS VALORES MAYORES QUE 2,0 Mw (MW)
i	GENERACION EN CANALES CON CAPACIDAD DE AL MENOS 4 m3/s, GENERANDO CON LOS DERECHOS DE AGUA DE CADA ORGANIZACIÓN INDIVIDUAL	357,2
ii	GENERACIÓN EN EMBALSES.	222,7
iii	UNIFICACIONES DE BOCATOMAS DE CANALES EN CAUCES NATURALES ORGANIZADOS.	162
iv	UNIFICACIONES MASIVAS DE BOCATOMAS DE CANALES EN CABECERAS DE CUENCAS, CON ORGANIZACIONES PRECARIAS O SIN ACCIONES.	124,3
TOTAL PRELIMINAR:		866,2

Los Cuadros N°3.5; 3.6 y 3.7 se complementan además en el Cuadro N°3.8, en el cual se presenta el resumen por región de las distintas agrupaciones consideradas en el análisis.

CUADRO N°3.8
RESUMEN DE ESTIMACION DE POTENCIAL INSTALABLE POR TIPO DE AGRUPACION Y POR REGION

GENERACION SEGÚN TIPO DE AGRUPACIÓN		REGION								TOTAL	UNIDAD
		III ^a	IV ^a	V ^a	VI ^a	VII ^a	VIII ^a	IX ^a	RM		
i.- CANALES	Potencial instalable sobre 2Mw	0	0	2,6	42,3	109,6	61,9	16,7	21,5	254,6	Mw
	Nº de casos con P>=2Mw	0	0	1	9	15	14	4	3	46	
	Potencial instalable bajo 2Mw	5,6	7,3	8,7	19,9	37,2	16,9	4,3	2,7	102,6	Mw
	Nº de casos con P<2Mw	10	11	8	24	50	20	6	6	135	
	Potencial instalable total	5,6	7,3	11,3	62,2	146,8	78,8	21	24,2	357,2	Mw
	Nº total de casos	10	11	9	33	65	34	10	9	181	
ii.- EMBALSES	Potencial instalable sobre 2Mw	5,4	36	12,1	21,2	52,7	94			221,4	Mw
	Nº de casos con P>=2Mw	1	5	2	2	3	1			14	
	Potencial instalable bajo 2Mw	0,8				0,5				1,3	Mw
	Nº de casos con P<2Mw	1				1				2	
	Potencial instalable total	6,2	36	12,1	21,2	53,2	94	0	0	222,7	Mw
	Nº total de casos	2	5	2	2	4	1	0	0	16	
iii.- UNIFICACIONES DE BOCATOMAS DE CANALES EN CAUCES NATURALES ORGANIZADOS MEDIANTE JUNTA DE VIGILANCIA, CON DISTRIBUCION ACCIONARIA DEL AGUA	Potencial instalable sobre 2Mw			14,3	87,6		55,8		4,3	162	Mw
	Nº de casos con P>=2Mw			3	5		3		2	13	
	Potencial instalable bajo 2Mw									0	Mw
	Nº de casos con P<2Mw									0	
	Potencial instalable total	0	0	14,3	87,6	0	55,8	0	4,3	162	Mw
	Nº total de casos	0	0	3	5	0	3	0	2	13	
iv.- UNIFICACIONES MASIVAS DE BOCATOMAS DE CANALES EN LAS CABECERAS DE LAS CUENCAS	Potencial instalable sobre 2Mw	0	5,4	2,2	6,9	23,9	31,8	10,3	2,5	83	Mw
	Nº de casos con P>=2Mw	0	2	1	3	5	8	2	1	22	
	Potencial instalable bajo 2Mw	4,4	14	4,2	1,7	3	5,2	3,3	5,5	41,3	Mw
	Nº de casos con P<2Mw	10	18	7	1	2	6	7	7	58	
	Potencial instalable total	4,4	19,4	6,4	8,6	26,9	37	13,6	8	124,3	Mw
	Nº total de casos	10	20	8	4	7	14	9	8	80	
SUMA POTENCIAL INSTALABLE TOTAL:		16,2	62,7	44,1	179,6	226,9	265,6	34,6	36,5	866,2	Mw
NUMERO TOTAL DE CASOS ANALIZADOS :		22	36	22	44	76	52	19	19	290	

3.3.- Ranking de eventuales centrales con potenciales estimados en cuatro casos o agrupaciones.

En páginas siguientes se entregan cuatro listados de centrales rankeadas por potencia.

Los listados rankeados son los siguientes:

- Cuadro N°3.9: Potencial instalado asociado a canales con capacidad de al menos 4 m³/s empleando los derechos de agua que maneja cada organización individual.
- Cuadro N°3.10: Ranking para generación de embalses.
- Cuadro N°3.11: Ranking para unificaciones de bocatomas de canales en cauces naturales organizados mediante Juntas de Vigilancia, con distribución accionaria del agua.
- Cuadro N°3.12: Ranking para unificaciones masivas de bocatomas de canales en cabeceras de cuencas, sin Juntas de Vigilancia o con organizaciones precarias sin acciones.

Aquí van 8 páginas con los rankings de las agrupaciones estudiadas.

Cuadros:

3.9

3.10

3.11

3.12

Archivo adjunto "Rankings cuadros 3.9-3.12.xls"

3.9.-
3.10.-
3.11.-
3.12.-
3.13.-
3.14.-
3.15.-
3.16.-

3.4.- Extracto de potenciales instalables en las alternativas de centrales por Región.

En las páginas siguientes se entregan los resúmenes de potenciales estimados en las centrales para los cuatro casos analizados:

Los listados son los siguientes según las agrupaciones de casos señaladas:

- i.- Generación en canales con capacidad de al menos 4 m³/s, generando con los derechos de agua de cada organización individual.
 - Cuadro N°3.4.1: Resumen de potenciales asociados a los canales; III^a Región de Atacama.
 - Cuadro N°3.4.2: Resumen de potenciales asociados a los canales; IV^a Región de Coquimbo.
 - Cuadro N°3.4.3: Resumen de potenciales asociados a los canales; V^a Región de Valparaíso.
 - Cuadro N°3.4.4: Resumen de potenciales asociados a los canales; VI^a Región del Libertador General Bernardo O'Higgins.
 - Cuadro N°3.4.5: Resumen de potenciales asociados a los canales; VII^a Región del Maule.
 - Cuadro N°3.4.6: Resumen de potenciales asociados a los canales; VIII^a Región del Bío Bío.
 - Cuadro N°3.4.7: Resumen de potenciales asociados a los canales; IX^a Región de La Araucanía.
 - Cuadro N°3.4.8: Resumen de potenciales asociados a los canales; Región Metropolitana.
- ii.- Generación en embalses.
 - Cuadro N°3.4.9: Listado de alternativas de posibles centrales asociadas a embalses y su potencial probable.
- iii.- Unificaciones de bocatomas de canales en cauces naturales organizados.
 - Cuadro N°3.4.10: Listado de alternativas de posibles unificaciones de bocatomas de canales en cauces naturales organizados mediante junta de vigilancia, con distribución accionaria del agua, capacidad superior a 4m³/s y potencial instalable superior a 2Mw.
- iv.- Unificaciones masivas de bocatomas de canales en cabeceras de cuencas, con organizaciones precarias o sin acciones.
 - Cuadro N°3.4.11: Listado de alternativas de posibles unificaciones masivas de bocatomas de canales en las cabeceras de cuencas, sin juntas de vigilancia o con organizaciones precarias, sin acciones.

Aquí van 26 hojas con los resúmenes de los cuadros 3.4.1.- al 3.4.11.

Archivo adjunto “cuadros 3.4.1-3.4.11.xls”

4.-	Desarrollo del modelo simplificado de rentabilidad y aplicación a casos preseleccionados en el Capítulo N°3.	4.2.-
4.1.-	Presentación y componentes del modelo	4.2.-
4.2.-	Esquema conceptual del modelo.	4.4.-
4.3.-	Gráficos resultantes del modelo de rentabilidad.	4.6.-
4.4.-	Gráficos resultantes para un ejemplo resuelto.	4.13.-
4.5.-	Parámetros y elementos del modelo simplificado.	4.21.-
4.5.1.-	Elementos generales de entrada.	4.21.-
4.5.2.-	Resultados generales de salida.	4.21.-
4.5.3.-	Descripción de antecedentes principales para operar el modelo.	4.22.-
4.5.3.1.-	Caudales turbinables, criterios y su determinación.	4.22.-
4.5.3.2.-	Depreciación de inversión inicial.	4.22.-
4.5.3.3.-	Ingresos de la operación.	4.22.-
4.5.3.4.-	Precios de nudo de la energía y actualización de su valor en el tiempo	4.23.-
4.5.3.5.-	Precios de nudo de la potencia y actualización de su valor en el tiempo	4.23.-
4.5.3.6.-	Valor UF y tasa de cambio; IPC; CPI	4.23.-
4.5.3.7.-	Estimación de la inversión inicial mediante costos tipificados	4.23.-
4.5.3.8.-	Servidumbres eléctricas	4.24.-
4.5.3.9.-	Inversión inicial en obras eléctricas.	4.24.-
4.5.3.10.-	Mantenimiento y operación de la central.	4.25.-
4.5.3.11.-	Peajes eléctricos, criterios considerados.	4.25.-
4.5.4.-	Parámetros económicos más relevantes.	4.26.-
4.5.4.1.-	Tasa de descuento: i , VAN, TIR. Precio Monómico de la Energía para la sustentación de la central.	4.26.-
4.5.5.-	Curvas resultantes de la aplicación del modelo	4.26.-

4.- Desarrollo del modelo simplificado de rentabilidad y aplicación a casos preseleccionados en el Capítulo N°3.

4.1.- Presentación y componentes del modelo.

En este Capítulo, se presenta el desarrollo del modelo simplificado de cálculo de la rentabilidad de cada alternativa planteada a nivel preliminar, que pertenece al Objetivo N°2-(e) de las Bases de esta Consultoría. El modelo corresponde a un libro computacional relacionado, en planilla Excel, con todos los pasos del cálculo a la vista.

La rentabilidad de cada alternativa se determina mediante el empleo de una modelación de su comportamiento económico, que entrega el VAN y la TIR en función de la potencia de diseño. Para esto se construye una planilla de flujos mensuales de ingresos y egresos estimados a lo largo de 30 años de operación de cada central. Con este objeto se evalúa en forma preliminar, los costos de la inversión y operación, así como los ingresos provenientes de la venta de energía. La modelación entrega una expresión gráfica de los dos parámetros económicos VAN y TIR en función de la potencia, que cubren un amplio rango de valores de inversiones en obras (I_0), los que a su vez dependen del caudal de diseño de la central.

El empleo de esta modelación permite optimizar el caudal de diseño, mediante la simulación operacional con caudales turbinables que están relacionados con el riego. Además se estima en primera aproximación los costos de las obras civiles, mecánicas y eléctricas asociadas a la generación, en términos globales. Con esta modelación es posible sensibilizar los resultados en función de las variaciones en los datos, tales como: precios de energía respecto al valor base-nudo correspondiente con 10% de incremento; tasa de descuento con $i=9\%$, 10% , 11% ; inversión inicial en rango $\pm 30\%$.

El funcionamiento de la planilla de rentabilidad simplificada permite realizar cálculos de optimización de potencias y parámetros económicos, con los supuestos y consideraciones siguientes:

i).- La inversión inicial se estima en términos del tamaño de la central (Potencia Instalada ó Instalable) y corresponde a la suma de los costos de las obras civiles, servidumbres y obras eléctricas. El costo de las obras civiles se estimado mediante las fórmulas de Williams o similares, obtenidas de otros proyectos elaborados que contienen costos calculados para cada partida. La inversión final contempla además IVA e intereses interescalares para la duración del periodo de construcción, que en esta etapa se estima en un año a una tasa total del 12%. Para la estimación de costos de inversión, se consideran los más importantes que son: obras civiles en captación,

4.2.-

desripiación y desarenación, conducción, cámara de carga, tubos en presión, casa de máquinas, turbinas y sus dispositivos, generador, líneas eléctricas hasta un punto de conexión estimado; servidumbres, eventuales peajes estimados. Además costos de proyecto, inspección, mantención y administración.

ii).- El análisis de la rentabilidad en forma simplificada, contempla la aplicación de una simulación operacional de la central para un período de 30 años con sus 12 meses. Para lo cual se elaboran estadísticas de caudales representativos, a partir de una estación fluviométrica base, los cuales son transpuestos al punto de interés u obra de toma de la central. Los caudales a utilizar son acotados como máximo a los derechos consuntivos y/o capacidades de los canales, según la información disponible. Por otra parte, para los efectos de este estudio, se entiende por caudal turbinable, aquellos que pueden emplearse en la generación según las condiciones hidrológicas mensuales, con las limitaciones de los derechos de agua de aquellos canales posibles de pasar por la central. Estos caudales dependen de la disponibilidad hídrica en la fuente y de la demanda hídrica de riego, especialmente de los canales ubicados por aguas abajo de cada central.

iii).- Los ingresos por concepto de venta de la energía, son los correspondientes al producto entre la energía generada usando los caudales turbinables y el precio de nudo correspondiente de la energía de junio del 2007; en la planilla anexa de ejemplo, el valor de la energía se fija en 32,764 \$/kwh que corresponde a un nudo específico. Otro ingreso considerado es aquel asociado a la potencia instalada de la central; este valor que es anual, también es supuesto en la planilla anexa como: 4.398,11 \$/kw/mes (52.777,32\$/kw/año) según el nudo específico (Rancagua en este caso).

iv).- Los precios nudo de la energía y de la potencia, se incrementan en el tiempo a una tasa de 2,5% anual, que corresponde al PCI de USA, del período base: diciembre 2005 a diciembre 2006.

v).- En la planilla simplificada propuesta para la evaluación, el ingreso bruto corresponde a la suma de la venta por concepto de energía y al ingreso por potencia instalada de la central, descontando los costos asociados supuestos para peajes de conducción y subtransmisión, salvo que se tratara de potencias inferiores a 9 Mw.

vi).- Otro egreso considerado es aquel asociado a la operación y administración de la central en forma anual.

vii).- Se considera depreciación acelerada de obras civiles, según instrucción del SII.

viii).- Las rentas brutas anuales corresponden a los ingresos brutos menos la suma de: los gastos operacionales de la central y la depreciación anual.

ix).- El impuesto a la renta es considerado como el producto de la tasa de impuestos a la renta (17% anual) por las rentas brutas, si éstas últimas son negativas, el impuesto es nulo.

x).- El beneficio neto se define como las rentas brutas anuales, una vez descontado el impuesto a la renta.

xi).- Se considera la recuperación del IVA de la Inversión.

xii).- El ingreso neto anual corresponde a la suma de los ingresos brutos anuales y la recuperación del IVA, menos los gastos anuales y el impuesto a la renta.

xiii).- El resultado anual del flujo es la diferencia entre el ingreso neto anual y las inversiones desarrolladas en el período de análisis.

xiv).- El resultado anual del flujo se transforma a valor presente con una tasa de descuento del 10% anual y la suma de los resultados de los 30 años de simulación operacional de la central, definen el VAN o Valor Actual Neto del proyecto. Al final del período de 30 años se considera un valor residual equivalente a 10 veces el margen operacional de dicho año. El VAN es la principal herramienta de análisis de rentabilidad del proyecto.

4.2.- Esquema conceptual del modelo.

A objeto de aclarar el funcionamiento del modelo simplificado, se acompaña en la siguiente página, un esquema o diagrama conceptual de su operación, con el resumen de los datos de input y los resultados que arroja ó output del mismo.

Página con el esquema conceptual del modelo

Archivo adjunto “cuadros 4.1-4.7.ppt”

4.3.- Gráficos resultantes del modelo de rentabilidad.

El modelo simplificado entrega la planilla de cálculo de los flujos simulados en 30 años de operación, para cada central hidroeléctrica con sus costos estimados. Además entrega los gráficos representativos de los parámetros VAN y TIR en función de la potencia estimada de diseño, elaborados a partir de los flujos económicos aproximados para cada proyecto. Asimismo se determina el factor de planta de cada alternativa de central, para cada potencia instalable.

Con las herramientas señaladas, se realizan las sensibilizaciones de los parámetros económicos de los proyectos VAN y TIR, en función de las variaciones de las variables independientes.

Además la operación del modelo entrega para cada central evaluada, la planilla de cálculo del flujo óptimo, y además sus gráficos relacionados constituidos por familias de curvas parametrizadas del VAN vs Potencia, en función de las variaciones de las variables independientes: tasas de descuento; precio de nudo de la energía; variación de la inversión inicial.

Se entregan los gráficos de sensibilización de la TIR según: precio nudo de la energía y además se obtienen los gráficos de variación de la Inversión Inicial/Mw, para un rango de potencias instaladas.

Con el objeto de explicar la interpretación de los gráficos que entrega el modelo simplificado desarrollado, a modo de ejemplo para un caso particular analizado se acompañan las seis representaciones siguientes, que contienen sus respectivos textos explicativos.

- i.- Factor de planta determinado (vs) potencia instalable.
- ii.- Inversión inicial estimada por Mw (vs) potencia instalable.
- iii.- Tasa interna de retorno TIR (vs) potencia instalable. Sensibilización con el precio base de la energía.
- iv.- Valor actual neto VAN (vs) potencia instalable. Sensibilización con la inversión inicial I_0 .
- v.- Valor actual neto VAN (vs) potencia instalable. Sensibilización frente a aumento de 10% en el precio base de la energía.
- vi.- Valor actual neto VAN (vs) potencia instalable. Sensibilización con la tasa de descuento (i).

4.6.-

Aquí van 6 páginas con gráficos de explicación del modelo

Archivo adjunto “cuadros 4.1-4.7.ppt”

4.7.- a 4.12.-

4.4.- Gráficos resultantes para un ejemplo resuelto.

A modo de ejemplo y clarificación metodológica, se acompaña un caso típico resuelto con su planilla de: flujos, gráficos de rentabilidad y sus sensibilizaciones. Los Cuadros y Gráficos para el ejemplo “Canal Bío Bío Sur”, que se contienen en las páginas siguientes, se indican a continuación:

i.- Cuadros de datos:

- Resumen de parámetros determinados mediante simulación operacional.
- Parámetros de entrada al modelo.
- Parámetros de potencia óptima determinada en la simulación de 30 años x12 meses y valor residual igual a 10 veces el margen del año 30.
- Cálculo de parámetros económicos para distintas alternativas de potencia instalada.

ii.- Cuadros de sensibilizaciones:

- Análisis de sensibilidad.
- Sensibilización del VAN en función de la tasa de descuento.
- Sensibilización del VAN con respecto a un incremento del precio base de la energía en 10%.
- Sensibilización del VAN con respecto a variación de inversión inicial I_0 en intervalo de 30%.

iii.- Gráficos de resultados:

- Valor actual neto VAN para distintas alternativas de potencia instalada en la central.
- Valor actual neto para distintas alternativas de potencia instalada en la central.
- Valor actual neto VAN para distintas alternativas de potencia instalada en la central. Sensibilización del Van en la inversión inicial I_0 .
- Tasa interna de retorno TIR para distintas alternativas de potencia instalada de la central. Sensibilización en el precio de la energía P_0 .
- Inversión inicial estimada por Mw para distintas alternativas de potencia instalada de la central.
- Factor de planta determinado en primera aproximación para distintas alternativas de potencia instalada de la central.

iv.- Cuadro de flujos:

- Resumen de la simulación operacional mensual de una central hidroeléctrica en 30 años de estadística hidrológica.

v.- Cuadro de costos de inversión inicial:

- Resumen de la inversión inicial estimada en primera aproximación.
- Estimación preliminar de la inversión inicial para una minicentral.

Aquí van 7 hojas con el desarrollo del ejemplo:

Canal Bío Bío Sur

Archivo adjunto “ejemplo CANAL BIO BIO SUR caída en km 105.xls”

4.5.- Parámetros y elementos del modelo simplificado.

4.5.1.- Elementos generales de entrada.

Como antecedentes de entrada o inputs que permiten calcular los parámetros de rentabilidad para cada alternativa de una eventual central, se indican los siguientes.

Datos económico-financieros:

- Tasa de descuento (i);
- Tasa de Cambio del Dólar;
- Valor UF;
- IPC; CPI;
- Precios de nudo de la energía y la Potencia.
- Política y valor de los posibles peajes eléctricos asociados.

Datos para la generación:

- Hidrología de caudales turbinables de 30 años por 12 meses.
- Desnivel Bruto o potencial.
- Potencia instalada de la central para la evaluación de su rentabilidad.

Inversión inicial:

- Tamaño de las obras civiles asociadas.
- Distancia al punto de conexión desde la central a la red de distribución.

Egresos (mantención; operación):

- Se actualizan automáticamente dentro del modelo.

4.5.2.- Resultados generales de salida.

Como resultados ó outputs entregados por el modelo, se tienen los siguientes, en cuadros y su representación gráfica.

- Flujo resumen de la rentabilidad de la central para la potencia en evaluación de 30 años y con valor residual igual a 10 veces el margen del año 30.
- VAN del flujo de la rentabilidad para la potencia en evaluación.
- TIR del flujo de la rentabilidad para la potencia en evaluación.
- Inversión inicial unitaria por cada Mw instalado de la central.
- Factor de planta calculado para la hidrología turbinable y para la potencia en evaluación.
- Precio Monómico de la Energía para la sustentación de la central. Se define como el precio de venta de la energía que permite anular el VAN, cuando el precio de venta de la potencia es cero (\$0).

4.5.3.- Descripción de antecedentes principales para operar el modelo.

4.5.3.1.- Caudales turbinables, criterios y su determinación:

Se estiman estadísticas de caudales de 30 años por 12 meses para ser usados en generación según los siguientes criterios:

- a.- La disponibilidad hídrica a nivel del cauce natural, es la estimada según lo expresado en el Subcapítulo N°2.2.
- b.- En el caso de los canales, el caudal turbinable se restringe al valor máximo de capacidad en bocatoma, según la información contenida en los Catastros DGA, o bien limitado a los derechos respectivos del canal; en desconocimiento de los puntos anteriores se restringe a la demanda hídrica de la superficie de riego.
- c.- Para embalses donde no se dispone de estadística en la descarga del mismo, se genera dicha estadística para una eventual generación, mediante la modelación simplificada de su operación simulada teórica, que incluye: hidrología de afluentes; evaporación; infiltración y demanda de riego. La estadística de generación es limitada al tamaño de las obras de la descarga del embalse.

4.5.3.2.- Depreciación de inversión inicial.

La inversión inicial (I_0) estimada para cada central, se afecta en sus diferentes ítems con la depreciación acelerada, conforme a la modalidad establecida en el correspondiente instructivo del SII.

4.5.3.3.- Ingresos de la operación.

- a.- Los ingresos de la central se determinan mediante la aplicación de un binomio de la forma: $AX+B$; éste equivale a la suma de:
 - los ingresos por venta de la energía generada al precio de nudo de la energía, y
 - los ingresos por concepto de potencia instalada de la central, que se vende al precio de nudo de la potencia.
- b.- Política de venta: Se supone la venta sin restricciones de toda la energía posible de generar, sustentados en la conveniencia de privilegiar la operación de este tipo de centrales hidroeléctricas de pasada, en vez de operar con el resto de las centrales con embalse que pueden almacenar agua para los períodos secos, o bien con otras centrales que tienen altos costos operacionales, como son las térmicas.

4.5.3.4.- Precios de nudo de la energía y actualización de su valor en el tiempo.

- a.- Se utilizan los precios de nudos de las distintas subestaciones troncales del SIC, fijados mediante el decreto N°147 del 26 de Abril de 2007, publicado en el Diario Oficial el 1° de Junio de 2007. Los precios de la energía para cada caso en análisis corresponden a los de la estación troncal de influencia.
- b.- El criterio de actualización anual del valor del precio de nudo de la energía, considera la variación del CPI (IPC norteamericano) entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006; el cual corresponde a un 2,5% durante un año.

4.5.3.5.- Precios de nudo de la potencia y actualización de su valor en el tiempo.

- a.- Se utilizan los precios de nudos de las distintas subestaciones troncales del SIC, publicados en el Diario Oficial del 1° de Junio de 2007. Los precios de nudo de la potencia para cada caso en análisis, corresponden a los de la estación troncal de influencia.
- b.- El criterio de actualización anual del valor del precio de nudo de la potencia considera la variación del CPI (IPC norteamericano) entre diciembre de 2005 y diciembre de 2006, que corresponde a un 2,5% durante un año.

4.5.3.6.- Valor UF y tasa de cambio; IPC; CPI.

- a.- Se usa el valor de la UF del 31 de diciembre de 2006.
- b.- La tasa de cambio del dólar corresponde a la misma fecha señalada.
- c.- El IPC y el CPI utilizados en las fórmulas de Williams corresponden al mes de diciembre de 2006.

4.5.3.7.- Estimación de la inversión inicial mediante costos tipificados.

- a.- La estimación de la inversión inicial (I_0) se realiza mediante el empleo de fórmulas empíricas parametrizadas, que dependen de la potencia de diseño de la central en cada análisis; entre estas destacan las fórmulas de Williams debidamente ajustadas para el caso de potencias menores. Estos polinomios entregan costos aproximados de las obras civiles que componen las centrales.
- b.- También se emplean fórmulas empíricas más adecuadas al tamaño de las minicentrales, elaboradas para costear preliminarmente algunas de sus obras civiles de tamaños conocidos previamente. Estas fórmulas incorporan criterios de economías de escala, de esta forma, la inversión inicial unitaria por cada Mw de diseño de la central, resulta decreciente.

4.5.3.8.- Servidumbres eléctricas.

a.- Para costear preliminarmente la faja de servidumbre de las líneas eléctricas, se estima un valor de \$20.000.000,- por ha, conforme a experiencias de esta especialidad.

b.- El ancho de faja necesario se determina por criterios eléctricos según la siguiente tabla:

CUADRO N° 4.8
ANCHO DE FAJA SEGÚN LA TENSION DE LA LINEA ELECTRICA

TENSION EN LINEAS ELECTRICAS (Kv)	ANCHO DE FAJA (m)
13,2	6
23	7
66	15
110	20
220	40

4.5.3.9.- Inversión inicial en obras eléctricas.

a.- Las longitudes de tendidos eléctricos se estiman, como la distancia entre el punto de generación y el punto supuesto para conexión, determinado por los especialistas eléctricos, generalmente en las localidades más cercanas pobladas con más de 20.000 habitantes, que supone la existencia de una demanda eléctrica capaz de absorber la nueva generación

b.- El costo por kilómetro se estima en términos de la línea de conexión y de la distancia según la siguiente tabla de experiencia eléctrica:

CUADRO N° 4.9
COSTO DE OBRAS DE LINEAS DE CONDUCCION SEGÚN LA TENSION DE LA LINEA ELECTRICA

TENSION EN LINEAS ELECTRICAS (Kv)	COSTO OBRAS DE LINEAS DE CONDUCCION (US\$/km)
13,2	28.000
23	33.600
66	60.000
110	110.000
220	250.000

- c.- Para las obras de transformación y conexión al sistema existente, se considera el costo de una estación elevadora de la central, según la siguiente tabla de experiencia eléctrica:

**CUADRO N° 4.10
COSTO DE SUBESTACION ELEVADORA SEGÚN LA TENSIÓN DE LA
LINEA ELECTRICA**

TENSIÓN EN LÍNEAS ELECTRICAS (Kv)	COSTO SUBESTACION ELEVADORA (US\$)
13.2	200.000
23	300.000
66	700.000
110	1.000.000

4.5.3.10.- **Mantenimiento y operación de la central.**

a.- Se elaboraron los costos estimados para la administración, operación y mantenimiento de la central según su tamaño, la cual se entrega en Anexo G, con tablas y gráficos.

b.- Se determinó una relación lineal de costos en función de la potencia, con puntos de referencia en 6 Mw con \$53 millones anuales y 1,5 Mw con \$35 millones anuales.

4.5.3.11.- **Peajes eléctricos, criterios considerados.**

Adoptando valores de experiencia de la especialidad eléctrica, deben considerarse dos tipos de peajes, definidos según la siguiente tabla:

**CUADRO N° 4.11
PEAJES ELECTRICOS**

TIPO DE PEAJE	VALORES PROMEDIO DE EXPERIENCIA (US\$/Mwh)	CRITERIOS
Subtransmisión	2,6	Si la nueva central se sumerge en el sistema, no paga peaje (casos definidos en el cálculo)
Troncal	2,7	Si $P < 9$ Mw: no paga peaje. Si $9 \text{ Mw} < P < 20$ Mw; se paga por la potencia sobre los 9Mw. Si $P > 20$ Mw; se paga por la totalidad de la potencia.

4.5.4.- Parámetros económicos más relevantes.

4.5.4.1.- Tasa de descuento: i , VAN, TIR. Precio Monómico de la Energía para la sustentación de la central.

- El valor residual de las instalaciones se establece como el margen de utilidad del flujo del año 30, multiplicado por 10 y actualizado al año 0.
- Tasa de descuento base $i=10\%$. Para las sensibilizaciones se aplicará el rango de tasas: $i = [9\%; 11\%]$.
- El VAN depende de la inversión inicial y de las ventas de energía, el cual varía en función del rango de potencias instalables, el cual presenta un máximo u óptimo.
- El Precio Monómico de la energía para la sustentación de la central, se define como el precio de la energía que permite que el VAN se anule, cuando el precio de venta de la potencia se define como \$0.
- La TIR presenta el mismo comportamiento que el VAN conforme se analizan distintas potencias instalables.

4.5.5.- Curvas resultantes de la aplicación del modelo.

- Curva VAN v/s Alternativas de potencia instalada de la central.
- Curva TIR v/s Alternativas de potencia instalada de la central.
- Curva de inversión inicial por Mw instalado v/s Alternativas de potencia instalada de la central.
- Determinación del factor de planta; curva del factor de planta determinado en función de las alternativas de potencia instalada de la central.
- Sensibilización de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la planilla simplificada de rentabilidad.
- Sensibilizaciones del VAN.
- Sensibilización del VAN ante variación de i en el rango 9% - 11%.
- Sensibilización del VAN frente al aumento de 10% en el precio de nudo Base de la energía. Se calcula la curva del VAN para los precios de nudo de la energía base P_0 y para un incremento del valor inicial $P_0+30\%$; se adopta $i=10\%$.
- Sensibilización del VAN frente a variación de +/- 30% de la inversión inicial.
- Sensibilización de la TIR para un incremento del 10% del precio de nudo de la energía.

5.-	Resumen del potencial de generación estimado en centrales rentables.	5.2.-
5.1.-	Resultados del Objetivo N°2 de los Términos de Referencia	5.2.-
5.2.-	Listado por regiones de alternativas de centrales con potencias optimizadas	5.2.-
5.3.-	Resultados de los análisis de sensibilidad	5.3.-
5.4.-	Ranking de alternativas de centrales rentables según potencia y sus parámetros económicos asociados.	5.3.-

5.- Resumen del potencial de generación estimado en centrales rentables.

5.1.- Resultados del Objetivo N°2 de los Términos de Referencia.

En cumplimiento de las Bases, se presenta en este Capítulo N°5, la recopilación de todo el análisis económico efectuado sobre las alternativas de centrales planteadas en el Capítulo N°3, el cual contiene los ranking de potenciales eventualmente instalables en cada alternativa.

Este análisis de rentabilidad de cada caso, se plantea en términos preliminares, con meras aproximaciones a los costos de inversión y los beneficios esperables; con este objeto, se aplica el modelo simplificado explicado en el Capítulo N°4. El propósito es finalmente disponer en una primera aproximación, de un listado de posibles centrales con un perfil rentable, que deberán ser analizadas en mayor profundidad por parte de las eventuales empresas generadoras que se interesen en desarrollar los respectivos proyectos, ya que las soluciones técnicas planteadas a nivel conceptual y los valores de inversión, son meramente referenciales.

A continuación se identifican los tipos de listados elaborados y solicitados por las Bases, que cubren las Regiones III^a de Atacama a la IX^a de la Araucanía, es decir la mayor parte del SIC.

5.2.- Listado por regiones de alternativas de centrales con potencias optimizadas.

La optimización de cada central consistió en analizar los flujos económicos de cada alternativa, costos y beneficios, a lo largo de 30 años de vida útil, calculando los márgenes del negocio mediante la aplicación del modelo simplificado. Se obtiene el VAN y el TIR en función de la potencia instalable con la operación simulada en función de la hidrología, en su calida del fuente de información básica para determinar la generación efectiva en cada año, para cada alternativa de potencia. Se obtiene una curva con la tendencia claramente graficada, que permite determinar la potencia que optimiza el VAN.

En los Cuadros N°5.1 al N°5.8 denominados: “Resumen de resultados de la aplicación del modelo simplificado de rentabilidad”, se contienen los siguientes resultados para una de las Regiones :

- Potencia óptima resultante del modelo.
- Factor de planta efectivamente calculado.
- VAN para caso base, $i=10\%$
- TIR.
- Inversión inicial estimada lo.
- Precio Monómico de la Energía.

5.2.-

En el Cuadro N°5.9 denominado: “Ranking por Potencia Óptima Resultante de la Aplicación del Modelo Simplificado de Rentabilidad”, se contiene el ranking único para todas las Regiones entre la IIIª y IXª.

Como una extensión del Cuadro anterior, se presenta el Cuadro N°5.10 denominado: “Ranking por Potencia Óptima Resultante de la Aplicación del Modelo Simplificado de Rentabilidad – Selección de Casos con VAN Positivo”. Este ranking también es único para todas las Regiones entre la IIIª y IXª.

5.3.- Resultados de los análisis de sensibilidad.

Dado que la evaluación económica realizada se basa en meras estimaciones de costos de inversión y muchas suposiciones, adquiere particular importancia la sensibilización de los parámetros económicos resultantes, que permiten conocer las variaciones que significarán los aumentos y reducciones de:

- costos de inversión en +/-30%;
- tasa de descuento en el rango 9% a 11%;
- incremento del precio base de la energía en 10%.

Estos resultados se presentan en el Cuadro N°5.11 denominado: “Ranking y Sensibilización del VAN – Valores Determinados en Primera Aproximación con la Aplicación del Modelo Simplificado de Rentabilidad”. El ranking se refiere a todas las Regiones en estudio.

Además en el cuadro N°5.12 se presenta el ranking según el Precio Monómico de la Energía, ordenado de menor precio a mayor precio. Es decir los primeros lugares lo ocupan aquellas centrales que se mantendrán rentables aún cuando el precio de la energía se reduzca.

5.4.- Ranking de alternativas de centrales rentables según potencia y sus parámetros económicos asociados.

En el Cuadro N°5.11 denominado: “Ranking y Sensibilización del VAN”, se presentan los resultados debidamente rankeados por VAN, incluyendo a las ocho Regiones en estudio.

Aquí van todos los cuadros del capítulo 5

Cuadros 5.1 al 5.8 aplicación del modelo por región (5 planas)

Cuadros 5.9 al 5.12 rankings por resultados del modelo (21 planas)

Archivo adjunto “cuadros 5.1-5.12.xls”

6.-	Descripción general de las posibilidades de centrales.	. . .	6.2.-
6.1.-	Descripción de casos propuestos para eventual generación.	. . .	6.2.-
6.2.-	Actividades adicionales, visitas a organizaciones y emplazamientos.	. . .	6.2.-
6.2.1.-	Cumplimiento de objetivos.	6.2.-
6.2.2.-	Síntesis de visitas a Regiones.	6.3.-
6.2.2.1.-	Planteamientos de la CNR y el Consultor a las organizaciones.	6.3.-
6.2.2.2.-	Planteamientos de los regantes.	6.5.-

6.- Descripción general de las posibilidades de centrales.

6.1.- Descripción de casos propuestos para eventual generación.

En conformidad al Objetivo N°3 de las Bases, se elaboró una breve descripción monográfica de aquellas alternativas que presentaron un potencial instalable inicial de al menos 2 Mw, además de un caudal medio en bocatoma superior a 4 m³/s. La descripción incluye: ubicación; accesos principales; posible potencia instalada; inversión total estimada a este nivel; conexión a la localidad más cercana.

En el “Anexo I” se entrega la descripción general, apoyada en planos de ubicación por Región del “Anexo K”, que contiene las vías de acceso y las localidades más cercanas.

6.2.- Actividades adicionales, visitas a organizaciones y emplazamientos.

6.2.1.- Cumplimiento de objetivos.

En el contexto del presente estudio y en conjunto con la CNR, se llevaron a efecto todas las visitas a terreno programadas entre la III^a Región de Atacama hasta la VIII^a Región del Bio-Bio, para recabar directamente de algunas organizaciones con más representatividad, información atinente a su interés en desarrollar los proyectos de generación hidroeléctrica asociada a las obras de riego existente o en proyecto. Asimismo se visitaron numerosos sitios que presentan aptitud para la generación, a fin de conocer sus características y los eventuales impedimentos que puedan presentar ante la materialización de las ideas de proyectos propuestos. Como resultado de las reuniones y visitas a emplazamientos, las soluciones planteadas en este estudio no se modificaron en cuanto a su conceptualización, en cambio se evidenció un claro incremento de los potenciales instalables, considerando el interés de las organizaciones en incluir los casos de micro generación con potencias inferiores a los 2 Mw, los cuales constituyen un gran número de casos.

En el presente Capítulo se presenta la síntesis de los resultados obtenidos con las visitas a las siete regiones convenidas previamente con la CNE y debidamente coordinadas con la CNR en cuanto al detalle de las organizaciones visitadas y los terrenos, esto es desde la III^a Región de Atacama hasta la VIII^a Región del Bío Bío, en donde se concentran las obras de riego más importantes que tienen interés hidroeléctrico y en las cuales existen organizaciones más dedicadas, que administran los recursos hídricos entre los regantes, las cuales pueden actuar de interlocutores para aplicar los futuros programas de generación.

En el “Anexo J” se entrega el detalle de las organizaciones visitadas, con los emplazamientos más destacados convenidos en dichas visitas con la CNR. En el siguiente Cuadro se entrega el resumen del número de organizaciones visitadas con la CNR por Región.

CUADRO N° 6.1
NUMERO POR REGION DE LAS ORGANIZACIONES VISITADAS

REGIÓN	CANTIDAD DE ORGANIZACIONES VISITADAS
ATACAMA	2
COQUIMBO	1
VALPARAISO	8
METROPOLITANA	2
O'HIGGINS	3
MAULE	4
BIO-BIO	5
TOTAL:	25

6.2.2.- Síntesis de visitas a Regiones.

6.2.2.1.- Planteamientos de la CNR y el Consultor a las organizaciones.

Los planteamientos de este estudio fueron expuestos someramente por parte de la CNR y el Consultor, a las distintas organizaciones más representativas de cada Región, destacándose los siguientes temas:

i.- Este estudio de carácter conceptual, es un resultado de la concreción del Convenio CNE-CNR para trabajar en conjunto estos temas, que ha determinado en una primera aproximación, el potencial de generación en obras de riego de la zona central que se ubica en el rango estimado de los 850 Mw a 900 Mw para potencias individuales que preferentemente son superiores a los 2 Mw. De este modo se dispone de una cartera de alternativas preliminares que pueden desarrollarse a un nivel más avanzado, con la colaboración de los regantes y las empresas generadoras para las potencias señaladas. Este límite de 2 Mw tiene relación con la metodología para estimar potenciales en base a la información cartográfica existente, de este modo la determinación de casos con potenciales menores requiere de información cartográfica más precisa y específica, la cual no está disponible o en su defecto requiere de estudios y recorridos de terreno de cada canal con aptitud hidroeléctrica, a lo cual se asocia un mayor costo y un alcance más detallado.

ii.- El Gobierno está elaborando una política de generación hidroeléctrica aplicable a minicentrales (ERNC), para lo cual se requiere conocer y evaluar el interés de los tenedores de derechos consuntivos de agua, representados por sus organizaciones, para colaborar en la concreción de estas soluciones. Otros países europeos ya materializaron este tipo de soluciones en pocos años, obteniendo resultados muy favorables en cuanto al potencial incorporado, así como de beneficio para las organizaciones de regantes.

iii.- La introducción de la ley corta eléctrica N°1 y N°2, así como la nueva ley que exigirá a las distribuidoras eléctricas la incorporación creciente de un 5% de su energía proveniente de las ERNC para el año 2010, será un gran estímulo que facilitará la factibilidad de las alternativas de minicentrales. Asimismo, las continuas alzas de los costos energéticos a nivel mundial y especialmente el petróleo, junto con la escasez de gas, unido al creciente desarrollo industrial de nuestro país, constituyen un escenario favorable para la concreción de las soluciones planteadas en este estudio.

iv.- La generación en obras de riego exige mejoramientos de la infraestructura de riego en sus obras de: captación estable, desarenación, conducción segura. Para incrementar el caudal turbinable en horas de mayor demanda eléctrica durante el invierno con mejores tarifas y así mejorar los parámetros económicos del proyecto, se deben buscar soluciones que exigen asociar a los propietarios de derechos de agua en torno al proyecto, incorporando regulación horaria del caudal de riego, tanto por aguas arriba de la central como por aguas abajo, a fin de para compensar a los regantes que ponen sus derechos a disposición de la generación en determinadas horas. La necesidad de rentabilizar las inversiones en generación, hace conveniente fomentar y desarrollar la asociatividad entre distintas organizaciones de canales que extraen sus derechos de un determinado cauce natural; de este modo es posible incrementar el caudal turbinable de las nuevas centrales con el consiguiente aumento de la potencia de generación, especialmente en las horas de mayor demanda eléctrica en invierno. Estos elementos forman parte de una adecuada operación de cada organización y los derechos que maneja, mediante la aplicación del mercado del agua, que haga compatible el multiuso de los recursos hídricos de carácter consuntivo. Asimismo se aprecia la necesidad de perfeccionar las herramientas legales que faciliten la concreción de este tipo de soluciones, para beneficio público.

v.- Las características finales de cada alternativa de generación que se han analizado a nivel conceptual con el estudio CNE-CNR, deben pasar a una nueva etapa caracterizada por la contribución de cada organización al proyecto que será desarrollado a un nivel de perfil o prefactibilidad. Específicamente debiera incluir todos los elementos de la asociatividad ya señalada con otras organizaciones y el mercado del agua, que permitan optimizarlo para obtener la mejor rentabilidad y hacerlo atractivo para los generadores del sistema, operando en las nuevas condiciones que establecerá cada proyecto. Estos perfiles de proyectos de mini generación permitirán transparentar los beneficios entre los mismos regantes, los cuales luego tendrán que negociar su proyecto con empresas generadoras.

6.2.2.2.- Planteamientos de los regantes.

La síntesis de intervenciones e inquietudes más importantes de las organizaciones con las cuales hubo intercambios de opiniones, son las siguientes.

a.- El tema de la generación asociada a las obras de riego se destaca entre los intereses de todas las organizaciones visitadas. Algunas de ellas que tienen Directorios con mayor preparación profesional, han desarrollado sus propios proyectos asociados a empresas generadoras y las obras correspondientes están en plena construcción.

b.- Existen organizaciones que están modificando sus Estatutos Sociales de forma que se facilite la explotación de la fuerza motriz, además de facultar a los respectivos Directorios para organizar la generación como una actividad que permita retornos económicos a sus asociados, buscando las formas legales más adecuadas.

c.- Todas las organizaciones visitadas, manifestaron su interés en desarrollar sus posibilidades energéticas, las que mayoritariamente tienen potencias menores a los 2 Mw que constituye un límite metodológico para este estudio específico CNE-CNR. En los terrenos visitados con la CNR, se pudo constatar esta realidad caracterizada por el gran número de casos con micro generación que existen en los canales. De este modo el potencial energético nacional asociado a las obras de riego, es muy superior al rango de 850 Mw a 900 Mw que representan solamente aquellos casos con potencias superiores a 2 Mw.

d.- Las principales dudas, dificultades o trabas de los regantes planteadas, tienen relación con los siguientes temas:

d.1.- Dificultades legales asociadas a las exigencias del nuevo Código de Aguas que exige el perfeccionamiento de los derechos (Art 122) para realizar cualquier gestión ante la DGA, lo cual está limitando severamente el desarrollo de nuevos proyectos hídricos. Entre estos últimos está los hidroeléctricos y cualquier intervención del cauce natural de uso público, los traslados de bocatomas y puntos de captación que son fundamentales para unificar bocatomas en cotas más elevadas y así disponer de mayor caudal y altura para generar, respetando los usos de riego.

d.2.- La aplicación de la ley de fomento al riego y drenaje (ley #18.450) debiera incluir obras hidroeléctricas asociadas al riego, tal que la adecuación de la infraestructura de la red de riego permita el multiuso comunitario de los recursos hídricos, en beneficio del país y de la misma organización de regantes. Específicamente estas obras son: bocatomas de captación segura en todo tiempo especialmente en el período de crecidas invernales en que el suministro del agua no debe interrumpirse en horas de mayor demanda eléctrica, para poder abastecer las centrales que quedarán ubicadas en el interior de los canales; la desarenación de alta eficiencia; la conducción segura por los canales que deben quedar a resguardo de las inestabilidades de los terrenos y laderas de cerros que atraviesan; los revestimientos de los canales matrices de riego que no deben interrumpir su servicio en invierno para realizar desembanque y roces; las obras de

6.5.-

distribución flexible del agua, tal que el mercado del agua pueda ser efectivamente aplicado, lo cual exige de dispositivos muy confiables para medir y registrar los caudales y volúmenes captados y entregados a los accionistas. La regulación horaria que posibilita el incremento de los caudales turbinables en el interior de los canales.

d.3.- El financiamiento de las nuevas obras de generación y el mejoramiento de su infraestructura de canales y bocatomas, constituye una preocupación general que tiene al menos dos elementos. El primero se refiere a conocer el costo real de las obras con sus potencias optimizadas con las que puede generar y el beneficio económico con los márgenes esperables del negocio, lo cual podría aclararse mediante la elaboración de un perfil de proyecto específico. El segundo se refiere a la crónica escasez de recursos económicos, que impide a las organizaciones de regantes con aptitud hidroeléctrica en sus canales, realizar estudios de perfil específico de mayor nivel ya que su valor escapa a sus posibilidades reales; y por otra parte, las instituciones que tienen la función de fomentar la producción, actualmente no disponen de los fondos necesarios para aplicar masivamente este tipo de programas energéticos ni tampoco existe la legislación de subsidios para este tipo de proyectos, que en muchos casos producirán importantes beneficios sociales en sectores rurales caracterizados por sus escasos recursos.

d.4.- Las soluciones legales que requieren las organizaciones de regantes para incluir la generación y explotación con fines económicos de los derechos de agua que manejan, deben analizarse con especialistas y ser difundidos urgentemente entre los interesados para facilitar la concreción de los respectivos proyectos. Considerando el beneficio nacional, el Código de Aguas, aparte de las objeciones ya señaladas debería incluir en su cuerpo legal, todo el sustento jurídico necesario para que las organizaciones dispongan de las facilidades legales que les posibilite una expedita concreción de soluciones energéticas con minicentrales asociadas al riego, empleando los derechos de aguas comunitarios que manejan y que constituyen una enorme fuente energética (ERNC) de bajo costo y mínimo impacto ambiental, la cual está prácticamente inexplorada en Chile.

d.5.- Las actuales tramitaciones para las autorizaciones ambientales de los proyectos generan notables retrasos en su avance. Los procedimientos de revisiones ambientales aplican elevados estándares a la revisión de los proyectos de envergadura menor, exigiéndoles estudios multidisciplinarios especializados de alto costo, cuya justificación no siempre es clara, constituyendo un real obstáculo para las respectivas aprobaciones y luego para la concreción de los mismos.

7.-	Conclusiones y recomendaciones generales.	7.2.-
7.1.-	Conclusiones.	7.2.-
7.1.1.-	Resultados de los potenciales y optimizaciones.	7.2.-
7.1.2.-	Operación simulada de la generación y rentabilidad aproximada.	7.3.-
7.1.3.-	Generación con caudales y potencias menores.	7.3.-
7.2.-	Recomendaciones.	7.4.-
7.2.1.-	Mercado del agua y generación asociada al riego..	7.4.-
7.2.2.-	Adecuación legal para la generación hidroeléctrica y la modernización de las organizaciones.	7.5.-

7.- Conclusiones y recomendaciones generales.

7.1.- Conclusiones.

7.1.1.- Resultados de los potenciales y optimizaciones.

Del análisis de los resultados finales del presente estudio se concluye que, el potencial hidroeléctrico asociado a las obras de riego entre las Regiones III^a de Atacama y IX^a de la Araucanía, aplicando la metodología específica de las Bases, queda caracterizado por los valores del siguiente Cuadro N°7.1, que corresponde preferentemente a potenciales individuales para : $P > 2$ Mw y $Q > 4$ m³/s

CUADRO N° 7.1
RESUMEN DE POTENCIALES HIDROELECTRICOS ASOCIADOS AL RIEGO
REGIONES: III^a; IV^a; V^a; VI^a; VII^a; VIII^a; IX^a y Metropolitana

REGION	(1)	(2)	(3)
	TOTAL POTENCIAL INSTALABLE (Mw)	TOTAL POTENCIA OPTIMIZADA MEDIANTE MODELO SIMPLIFICADO DE RENTABILIDAD (Mw)	TOTAL POTENCIA OPTIMIZADA Y RENTABLE CON PRECIOS ACTUALES (Mw)
III ^a	16,2	6	6
IV ^a	62,7	48	38
V ^a	44,1	52	45
VI ^a	179,6	147	130
VII ^a	226,9	194	170
VIII ^a	265,6	197	176
IX ^a	34,6	15	14
RM	36,5	23	20
TOTALES (Mw):	866,2	682	599

Para los resultados resumidos de este Cuadro, se indica lo siguiente.

El total del potencial instalable (1) se refiere a la caracterización del potencial total, considerando los caudales que definen las capacidades de las obras de riego en sus bocatomas u obras de cabecera preferentemente $Q > 4$ m³/s, con los desniveles topográficos de sus primeros kilómetros de trazado, o en las descargas de los embalses, según se describe en la metodología correspondiente.

7.2.-

La optimización de la potencia (2) corresponde al resultado de la aplicación del modelo simplificado de rentabilidad, a los casos preseleccionados que definen el potencial total de la columna (1). Mediante el cálculo del VAN determinado con la operación simulada de 30 años de hidrología para cada central, se optimizan económicamente las potencias. Del total de casos evaluados económicamente, se preseleccionan en la columna (3) aquellos que presentan un VAN positivo. Estos resultados dependen principalmente de los precios de la energía así como del monto de las inversiones en obras, las cuales se han estimado en forma preliminar para los efectos de este estudio.

7.1.2.- Operación simulada de la generación y rentabilidad aproximada.

Al optimizar económicamente las potencias de cada caso señalado en el ranking con potenciales instalables del análisis inicial (del Cap.#3), se verifican notables variaciones entre ambos listados, observándose que con el análisis de rentabilidad e incorporación de la inversión inicial y los demás costos operacionales, varía fuertemente la potencia optimizada respecto al potencial instalable inicial. Es decir en el escenario de costos de inversión y precios actuales de la energía, se condiciona la factibilidad de las alternativas identificadas de generación. En este análisis económico con simulación operacional, interviene la hidrología con sus caudales mensuales a lo largo de 30 años de estadística, observándose que en la mayoría de los casos, la permanencia de los caudales en el tiempo es el factor preponderante que posibilita la rentabilización de cada central, especialmente las de pasada.

7.1.3.- Generación con caudales y potencias menores.

Con ocasión del desarrollo de este estudio, se observó que existen numerosos puntos en las redes de canales de riego con posibilidades de generación, pero que no cumplen con los límites inferiores establecidos en las Bases de esta consultoría, esto es, caudal mínimo de 4 m³/s y potencia de al menos 2 Mw. Esta evidencia y la necesidad de incrementar la potencia de generación hidroeléctrica nacional, hace aconsejable estudiar la posibilidad de estudiar casos con menor potencia y caudal, atendiendo a las particularidades especialmente favorables que ofrece la zona central de Chile y sus canales de riego. Debe considerarse además, que la tecnología para la microgeneración continúa desarrollándose, los costos de las instalaciones en microcentrales en canales de riego son más bajos, requiriendo una infraestructura de reducidas dimensiones, los centros de consumo energético están más cercanos al punto de generación y los precios de la energía continúan incrementándose a nivel mundial, especialmente el petróleo.

7.3.-

7.2.- Recomendaciones.

7.2.1.- Mercado del agua y generación asociada al riego.

i).- La metodología empleada en este estudio de generación asociada al riego, constituye un caso especial con sus propias restricciones al potencial, en que la generación se somete al régimen operacional y obligaciones impuestas por el riego, a la vez que introduce un uso adicional a los derechos consuntivos actuales que tienen los regantes. Es indudable que una metodología diferente que incorpore una mayor liberalización del uso de los recursos hídricos, significaría un incremento de la potencia generable especialmente durante las horas de mayor demanda eléctrica. Sin embargo la liberalización del uso de los recursos de agua en riego, supone el funcionamiento de un mercado del agua entre regantes agricultores y generadores, en que ambos sectores conozcan las características del proyecto y del negocio. Con la salvedad de algunas excepciones, la mayoría de las organizaciones de regantes no disponen del nivel organizacional profesionalizado, tal que pueda responder a desafíos energéticos, el cual les resulta ajeno a su quehacer ordinario.

ii).- Para iniciar un proceso de funcionamiento del mercado del agua, se requiere realizar un estudio preliminar o perfil de cada caso desde el punto de vista de los regantes, para identificar las variables más importantes de su sistema hídrico que podrían ser materia de negociaciones con un eventual generador, ya sea interno o externo a la misma organización y sus accionistas. Este estudio preliminar debe incluir el análisis de las eficiencias de riego y del manejo del agua en sus diferentes etapas, en el río y en los canales, esto es; captación, regulación nocturna, conducción, distribución y aplicación al riego. La proyección futura de los rangos de eficiencias de manejo y uso del agua, permiten vislumbrar adecuadamente los volúmenes requeridos para satisfacer el riego, los cuales son sustancialmente menores a los que se requerían hasta hace pocos años antes de introducirse la tecnificación intrapredial. Actualmente los estudios de riego tienden a evaluar la eficiencia de manejo hídrico en las obras comunitarias, canales y otros, comprobándose que la mayor parte de las pérdidas se producen en dicha infraestructura de obras. Atendiendo a esta realidad indiscutible del manejo hídrico que permite descubrir los excedentes hídricos o ineficiencias de estos sistemas, se necesita de un estudio conceptual ó a nivel de perfil, que incluya flujos económicos con generación, en cada canal con aptitud hidroeléctrica, el cual permitiría orientar a los regantes agricultores en sus aspiraciones respecto a este negocio, transparentando las utilidades esperables. Este documento constituiría una instancia de análisis y unidad, que acercaría a las partes interesadas, tanto los regantes tenedores de los derechos consuntivos y la generadora que podría realizar la inversión y explotar la central.

iii).- El mercado hídrico planteado racionalmente, podría incluir la regulación corta de caudales, para destinar a la generación en horas de mayor demanda eléctrica,

7.4.-

caudales mayores que puedan rentabilizar este negocio. Este planteamiento exige una infraestructura de regulación, conducción y distribución del agua que posibilite los traslados de caudales de generación y de riego por el interior de la red de canales, así como de una norma de operación que compatibilice armónicamente ambos usos, riego y generación, en forma confiable y transparente para los propietarios de los derechos.

iv).- En general, la infraestructura de los canales de riego debe adecuarse de forma que posibilite su funcionamiento ininterrumpido durante el periodo de invierno, en el cual el riego entra en receso o disminuye significativamente. Esta adecuación podría exigir la construcción de revestimientos para los canales de tierra en los tramos ubicados entre la bocatoma y la cámara de carga de la central, a fin de evitar los trabajos invernales de desembanque y roce, los cuales frecuentemente exigen el corte total de agua. Asimismo es conveniente considerar el techado de los canales en tramos de ladera empinada amagadas por corridos y planchoneos que obstruirían el canal y el suministro de agua a la central. Además, las obras de bocatoma en el cauce natural deben ser estables, para garantizar la captación del agua durante los periodos de crecidas invernales, considerando que la mayor demanda eléctrica se produce justamente durante el invierno. Estas adecuaciones suponen realizar inversiones para elevar el estándar técnico del canal de riego para satisfacer plenamente los requerimientos de la generación, lo cual hace aconsejable plantear proyectos con canales, que incorporen economías de escala para rentabilizar estas inversiones, como es el caso de la unificación de bocatomas o la asociación entre canalistas que permitan incrementar los caudales turbinables y reducir los costos de inversión por la energía generada.

7.2.2.- Adecuación legal para la generación hidroeléctrica y la modernización de las organizaciones.

i).- Las organizaciones de regantes manejan generalmente: la captación, conducción y distribución de los derechos de agua extraídos en la fuente natural, pertenecientes a sus asociados y regidos por determinados estatutos sociales. Algunas de estas organizaciones incluyen actividades ligadas a la fuerza motriz entre sus objetivos como organización, pero normalmente estas no tienen fines de lucro, lo cual limita su funcionamiento como generadoras, al impedirles el comercio eléctrico; esta situación legal rige para la mayoría de las organizaciones de regantes. No obstante, algunas de estas asociaciones ya han incursionado en la generación, modificando sus estatutos para adecuarse a los requerimientos legales y organizacionales que les permita explotar su potencial hidroeléctrico, ya sea con su propia estructura organizacional o bien creando otra entidad jurídica relacionada con los accionistas. Generalmente una nueva organización manejará los derechos de agua consuntivos de los mismos accionistas en algún tramo del canal u obra de riego, arrendándolos a una entidad generadora, o bien produciendo y vendiendo la energía a un consumidor específico.

7.5.-

ii).- La grandes ventajas técnicas, económicas y sociales contenidas en el incremento de la generación asociada a las obras de riego, exige materializar soluciones técnicas que incluyen unificar bocatomas de canales o readecuar sus redes para un mejor aprovechamiento hidroeléctrico de los recursos, representados por el caudal y el desnivel geométrico; sin embargo la actual legislación del Código de Aguas (Art 122) exige previamente a los titulares de derechos consuntivos, el debido perfeccionamiento de los mismos. Esta gestión legal es laboriosa y onerosa, dificultándose además por los requerimientos legales previos, asociados al saneamiento de numerosas sucesiones que tienen derechos de agua en las organizaciones de regantes. Ante esta evidencia y la urgencia de incorporar la generación asociada al sistema de riego nacional, surge la conveniencia de priorizar la flexibilización de los trámites ligados al uso hidroeléctrico, y así sacar provecho al interesante potencial existente en los sistemas de riego, tal como ya lo han hecho otros países más desarrollados.

iii).- Las pequeñas centrales hidroeléctricas asociadas a obras de riego existentes, constituyen casos energéticos privilegiados en cuanto a su reducido impacto ambiental. Sin embargo las exigencias de los organismos ambientales para este tipo de proyectos de generación, podrían requerir de una revisión a fin de hacer más expedita su aprobación, y así evitar entorpecer su concreción en forma innecesaria con el consiguiente costo social y privado, considerando además que se trata de soluciones energéticas limpias y de reducido costo relativo, que permite reemplazar la operación de otro tipo de centrales con elevadas emisiones contaminantes, impactos negativos y elevados costos para todo el país.