



Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego

**Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de
Riego**

- Versión 14 de Abril 2011 -



TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
RESUMEN EJECUTIVO	8
INTRODUCCIÓN	14
1. CAPÍTULO 1. Institucionalidad.....	16
1.1. Ministerio de Agricultura	16
1.2. Ministerio de Obras Públicas.....	18
1.3. Ministerio de Minería.....	19
1.4. Ministerio de Energía	20
2. CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS.....	22
2.1. Evaluación integrada de Recursos Hídricos	22
2.2. Requerimientos y procedimientos a aplicar en la Evaluación integrada de Recursos Hídricos.....	23
2.3. Tabla de contenidos y productos para Estudios Integrados de Recursos Hídricos.....	24
2.4. Propuesta de priorización de cuencas	27
3. CAPÍTULO 3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO	33
3.1. Etapa de Prefactibilidad.....	33
3.1.1. Antecedentes técnicos	33
3.1.2. Antecedentes de gestión.....	37
3.1.3. Condiciones de Avance	43
3.2. Recomendación de proyectos para Factibilidad	45
3.3. Etapa de Factibilidad	45
3.3.1. Antecedentes técnicos	45
3.3.2. Antecedentes de gestión.....	47
3.3.3. Condiciones de Avance	49
3.4. Definición de Modelo de Financiamiento	50
3.5. Diseño Proyectos vía DFL 1.123 o vía Ley De Concesiones.....	51
3.5.1. Antecedentes técnicos	51
3.5.2. Antecedentes de gestión.....	52
3.5.3. Vigencia de la Conveniencia Técnico Económica del Proyecto	53
3.6. Aprobación del Proyecto por parte del Consejo de Ministros, Definición de Condición y Modalidad de Ejecución.....	54
3.6.1. Condiciones de aprobación o postergación del Proyecto para ejecución	54
3.6.2. Definición de Condiciones de Ejecución; DFL 1.123 o Ley de Concesiones: ..	54
3.6.3. Medidas Previas a la Construcción del Proyecto Mediante DFL 1.1237/1981 .	55
3.7. Procedimiento de Escritura de Compromiso de Reembolso	56
3.7.1. Antecedentes de Gestión	56

3.8.	Ejecución de obras.....	58
3.8.1.	Ejecución Vía DFL 1.123.....	58
3.8.2.	Ejecución de Obras por Ley de Concesiones	64
3.8.2.1.	Marco Legal.....	64
3.9.	Administración De Obras De Riego (Explotación Provisional)	64
3.9.1.	Antecedentes Técnicos.....	64
3.9.2.	Antecedentes de Gestión	68
3.9.3.	Procedimiento de Dictación de Decreto Supremo, Art 10 DFL 1.123	69
3.10.	Traspaso de Obras de Riego	70
3.10.1.	Antecedentes Técnicos	70
3.10.2.	Antecedentes de Gestión	73
4.	METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS CON FINES MULTIPLES	75
4.1.	Metodología General De Formulación Y Evaluación Socioeconómica De Proyectos De Embalses Y Obras Hidráulicas Anexas.....	75
4.1.1.	Valoración económica de los recursos hídricos.....	76
4.1.2.	Flujo de Formulación y Evaluación de Proyectos	78
4.1.3.	Diagnóstico y definición del problema.....	79
4.1.4.	Situación Sin Proyecto	84
4.1.4.1.	Alternativas de proyecto.....	84
4.1.4.2.	Definiciones técnicas.....	85
4.1.5.	Situación Con Proyecto	87
4.1.5.1.	Beneficios directos del proyecto	87
4.1.5.2.	Costos directos del proyecto	88
4.1.5.3.	Efectos secundarios, indirectos y externalidades del proyecto	89
4.1.5.4.	Efectos Intangibles	92
4.1.6.	Análisis de rentabilidad	92
4.1.6.1.	Indicadores de rentabilidad	93
4.1.6.2.	Horizonte de evaluación	95
4.1.6.3.	Valor residual.....	96
4.1.6.4.	Precios sociales.....	96
4.1.7.	Análisis comparado de alternativas	98
4.1.7.1.	Asignación del agua entre los diferentes usos.....	99
4.1.7.2.	Tamaño, localización y momento óptimo.....	100
4.1.8.	Análisis de riesgo	101
4.1.8.1.	Modelación de la incertidumbre.....	102

4.1.8.2.	Criterios de decisión en condiciones de incertidumbre	108
4.1.9.	Evaluación ex post del Proyecto	109
4.1.10.	Consideraciones finales	109
4.2.	<i>Metodología Para La Estimación De Beneficios Por Riego</i>	110
4.2.1.	Formulación de proyectos de riego.....	111
4.2.1.1.	Estudios básicos para proyectos de riego.....	111
4.2.1.2.	Estructura de cultivos	113
4.2.1.3.	Requerimientos técnicos de agua	115
4.2.1.4.	Disponibilidad de recursos hídricos en las Situaciones SP y CP.....	117
4.2.1.5.	Déficit de agua para uso agrícola (balance hídrico)	118
4.2.1.6.	Asistencia técnica y crediticia	119
4.2.2.	Estimación de beneficios asociados a proyectos de riego	119
4.2.2.1.	Estimación de beneficios netos por el método del Valor del Producto Marginal	120
4.2.2.2.	Estimación de beneficios netos por el método del Valor Incremental de la Tierra	122
4.2.3.	Consideraciones adicionales para la formulación de proyectos de riego	127
4.3.	<i>Metodología De Estimación De Beneficios Por Generación Hidroeléctrica.....</i>	127
4.3.1.	Diseño del proyecto.....	127
4.3.1.1.	Requerimientos de energía	128
4.3.1.2.	Capacidad generada	130
4.3.2.	Beneficios netos del proyecto de generación hidroeléctrica	130
4.3.2.1.	Beneficios por venta de energía en el SIN.....	130
4.3.2.2.	Beneficios por producción de energía para autogeneración	132
4.3.2.3.	Efectos complementarios.....	135
4.4.	<i>Metodología De Estimación De Beneficios Por Aumento De La Oferta De Agua Potable.....</i>	135
4.4.1.	Beneficios por venta de agua cruda embalsada a una empresa o sistema sanitario	136
4.4.2.	Beneficios netos de provisión de agua potable en área sin sistema de agua potable	139
4.5.	<i>Metodología De Estimación De Beneficios Por Aumento De La Oferta De Agua Para Minería</i>	141

4.5.1.	Diseño del proyecto.....	141
4.5.2.	Beneficios netos del proyecto de provisión de agua para la minería	144
4.6.	Metodología De Estimación De Beneficios Por Defensa Fluvial Y Control De Crecidas	146
4.6.1.	Diseño del proyecto.....	146
4.6.2.	Beneficios netos de los proyectos de defensa fluvial y control de crecidas	148
4.6.2.1.	Beneficios por daño evitado	149
4.6.2.2.	Beneficios por disminución de los Costos Generalizados de Viaje.....	158
4.6.2.3.	Beneficios por Menor Ausentismo Laboral.....	161
4.6.2.4.	Beneficio por menores molestias a las personas	162
4.6.2.5.	Beneficios No Cuantificados	162
4.6.3.	Costos de los proyectos de defensa fluvial y control de crecidas.....	162
4.7.	METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS POR TURISMO Y DESARROLLO INMOBILIARIO.....	163
4.7.1.	Beneficios por turismo.....	163
4.7.2.	Beneficios por desarrollo inmobiliario	165
4.8.	MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS DE PROYECTOS DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS: DESALACIÓN Y TRASVASIJES DE RECURSOS.....	167
4.8.1.	Desalación de agua de mar.....	168
4.8.1.1.	Proceso de desalinización	169
4.8.1.2.	Estimación de costos de desalación	169
4.8.1.3.	Evaluación socio-económica de proyectos de desalación	171
4.8.2.	Trasvase de recursos hídricos entre cuencas.....	172
4.8.3.	Consideraciones finales	173
5.	PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRECIOS Y SUBSIDIOS FOCALIZADOS EN PROYECTOS DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS	175
5.1.	Propuesta Metodológica Para El Establecimiento De Un Sistema De Precios En Proyectos De Embalses Y Obras Hidráulicas Anexas Nuevas.....	175
5.1.1.	Propuesta de sistema de precios para financiamiento público.....	175
5.1.1.1.	Precio de Reembolso del Costo de la Obra sin Explotación Provisional	178
5.1.1.2.	Precio de Reembolso del Costo de la Obra con Explotación Provisional	179

5.1.2.	Consideraciones finales sobre precios óptimos.....	181
5.2.	Propuesta Metodológica Para El Establecimiento De Un Subsidio Focalizado A La Demanda De Riego En Embalses Y Obras Hidráulicas	
Anexas	181
5.2.1.	Concepto de subsidio	182
5.2.2.	Propuesta de subsidio focalizado a la demanda	182
5.2.2.1.	Diseño conceptual del subsidio	182
5.2.2.2.	Asignación del subsidio.....	184
5.2.2.3.	Aplicación del subsidio	185
5.2.3.	Consideraciones finales sobre subsidios	189
6.	CAPÍTULO 6. ADMINISTRACIÓN Y RESPONSABILIDADES GENERALES	191
6.1.	Comisión Nacional de Riego	191
6.2.	Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Riego	192
6.3.	Dirección de Obras Hidráulicas.....	193
6.4.	Dirección General de Aguas	195
6.5.	Ministerio de Planificación	196
6.6.	Ministerio de Hacienda	197
6.7.	Ministerio de Economía, Fomento y Turismo	198
6.8.	Organizaciones de Usuarios de Aguas.....	199
6.9.	Encargado Regional.....	200
6.10.	Comité de Traspasos	201
6.11.	Comité Evaluador del Manual.....	202
7.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	203
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	205

Elaborado por:

Para la confección del Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego se formó una Mesa de Trabajo Interministerial, la cual contó con la valiosa participación y colaboración de los siguientes profesionales:

Coordinador General Mesa de Trabajo:

Felipe Martin, CNR.

Coordinadores Técnicos:

Cristian Rodríguez, CNR y Fernando Tagle, CNR.

Miembros Mesa de Trabajo:

Cristián Navarrete, CNR; Rodrigo Saavedra, DOH; Margarita Díaz, DOH; Bernardo Cifuentes, DOH; Fernando Britos, MIDEPLAN; Ximena Vallejos, MIDEPLAN; Marcia Vallejo, MIDEPLAN; Andrea Mellado, MIDEPLAN; Uwe Gehrels, DIRPLAN y Carlos Ciappa, DGA.

Para la elaboración de la Propuesta Metodológica para la Formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas, se contó con la participación de las siguientes personas de MIDEPLAN:

Coordinador:

Fernando Britos:

Colaboradores:

Andrea Mellado (INDAP), Ximena Vallejos, Marcia Vallejo, Dorcas Frigolett, Silvia Montevilla y Juan Carlos Reyes.

Para la elaboración del Ciclo de Vida del Proyecto y los Procedimientos de las etapas del Ciclo, se contó con la participación de:

División de Estudios y Desarrollo de la CNR formada por:

Felipe Martin, Cristian Navarrete, Cesar González, Leonardo Machuca, Patricio Parra, Cristian Rodríguez, Gastón Sagredo, Fernando Tagle y Gastón Valenzuela.

Dirección de Obras Hidráulicas:

Juan Antonio Arrese, José Luis Larroucau, Rodrigo Saavedra, Bernardo Cifuentes, Margarita Díaz, Andrés Abarca, Max Ardiles, Herman Augusto, Brenda Córdova, Manuel Lagos, Laura Torrealba, y Maritza Vergara.

Para la consolidación y diagramación, se contó la colaboración de:

Patricia Mellado, CNR; Rafael Vilches, CNR; Jaime Yañez, CNR; Max Donoso, FUCOA y Silvia Suárez, FUCOA.

RESUMEN EJECUTIVO

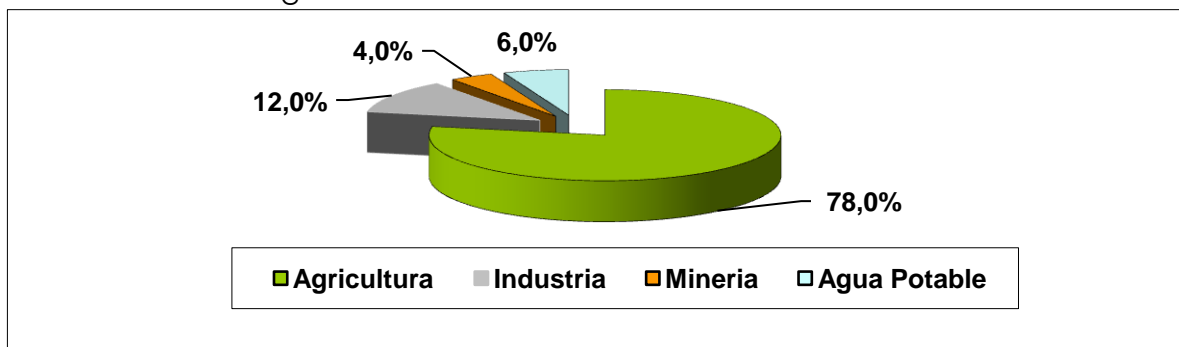
Evaluación Integrada de Recursos Hídricos

El recurso hídrico destaca como un factor crítico en el desarrollo económico del país. Prácticamente todas las actividades económicas ligadas a recursos naturales utilizan el agua como un insumo fundamental en sus procesos productivos (agricultura, minería y generación de energía, entre otros). Sin embargo, diversos factores han justificado que el análisis de su gestión se realice desde la perspectiva de un bien escaso.

- La alta heterogeneidad temporal y espacial del recurso hídrico en Chile determina que la mayor disponibilidad no coincida con la mayor demanda de agua.
- La creciente demanda por el recurso hídrico motivado por el crecimiento económico del país ligado al aprovechamiento de recursos naturales y al crecimiento poblacional.
- La creciente competencia por el uso del recurso hídrico por parte de sectores económicos.
- El cambio climático está generando variaciones en el patrón de precipitaciones y de temperatura en gran parte del país que afectan la disponibilidad hídrica.

El carácter de multiuso que tiene el recurso hídrico obliga a que la planificación de inversiones en infraestructura tenga como objetivo maximizar los beneficios sociales producto del uso múltiple y sostenible de los recursos hídricos. Para lograr dicho objetivo, se presenta el siguiente Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego, el cual incorpora el enfoque de Evaluación integrada de Recursos Hídricos como método de análisis y planificación. Si bien el sector agrícola corresponde a la actividad que utiliza la mayor proporción de los recursos hídricos del país con un 78% del total, el enfoque propuesto en el presente Manual es promover proyectos integrales que generen el mayor bienestar para la sociedad considerando que el recurso hídrico es utilizado por diversos sectores económicos que compiten por el agua.

Figura 1. Distribución de usos del recurso hídrico.



Fuente: Dirección General de Aguas.

Se propone propender hacia la realización de Estudios integrados de recursos hídricos, donde analice todos los antecedentes de la unidad de planificación (es decir, la cuenca), realice una caracterización en términos geográficos, político-administrativo, económico, demográfico, ambiental, infraestructura y de organizaciones de usuarios de agua y derechos de aprovechamiento de aguas; diagnostique la disponibilidad actual y futura de los recursos hídricos; identifique los principales problemas asociados a la escasez hídrica y a la gestión del recurso, que sirvan de base para proponer un Plan de Acción público-privado donde se definan iniciativas de grandes obras de riego.

Ciclo de Vida de un Proyecto

En el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego se describen todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de aprovechamiento hidráulico, desde la etapa de perfil hasta el traspaso a los regantes, donde se detallan las actividades a realizar en cada una de ellas y los requisitos para continuar con el avance del proyecto, así como la institución pública encargada de desarrollarla.

En cada etapa del ciclo de vida del proyecto, se propone que se analicen las áreas temáticas para desarrollar los componentes técnicos y de gestión asociados a la obra. Los antecedentes técnicos tienen relación con los aspectos de ingeniería, evaluación económica y evaluación ambiental, entre otros. Por otra parte, los antecedentes de gestión están vinculados a elementos jurídicos relacionados a los derechos de aprovechamiento de aguas y organizaciones de usuarios de aguas, que permitan crear y fortalecer dichas organizaciones que se verán beneficiadas con el proyecto, así como regularizar y perfeccionar derechos de aprovechamiento de aguas individuales.

De esta manera, en el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego se propone que, para continuar avanzando a la siguiente etapa del ciclo de vida de un proyecto, tanto los requerimientos técnicos como de gestión deben estar satisfechos. El objetivo de exigir ambos elementos para el avance de la obra es para desarrollar una contraparte privada interesada por el proyecto que sea capaz de administrar la obra de manera independiente del Estado y que tenga la capacidad financiera para pagar los reembolsos asociados a ella. Asimismo, se espera que con organizaciones de usuarios de aguas constituidas y capacitadas, mejorará la gestión del recurso hídrico.

Como se indicó anteriormente, el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego se elabora bajo un enfoque de Evaluación integrada de Recursos Hídricos, donde se propone el uso múltiple del recurso hídrico, ya que reconoce al agua como un elemento esencial y transversal en la economía nacional y en la sociedad. De esta manera, se plantea que este tipo de obras deben planificarse como multipropósito, con el fin de que se puedan maximizar los beneficios producto del uso sostenible de los recursos hídricos.

En la siguiente

Figura 2 se presenta un esquema resumido del ciclo de vida del proyecto.

Metodologías de evaluación

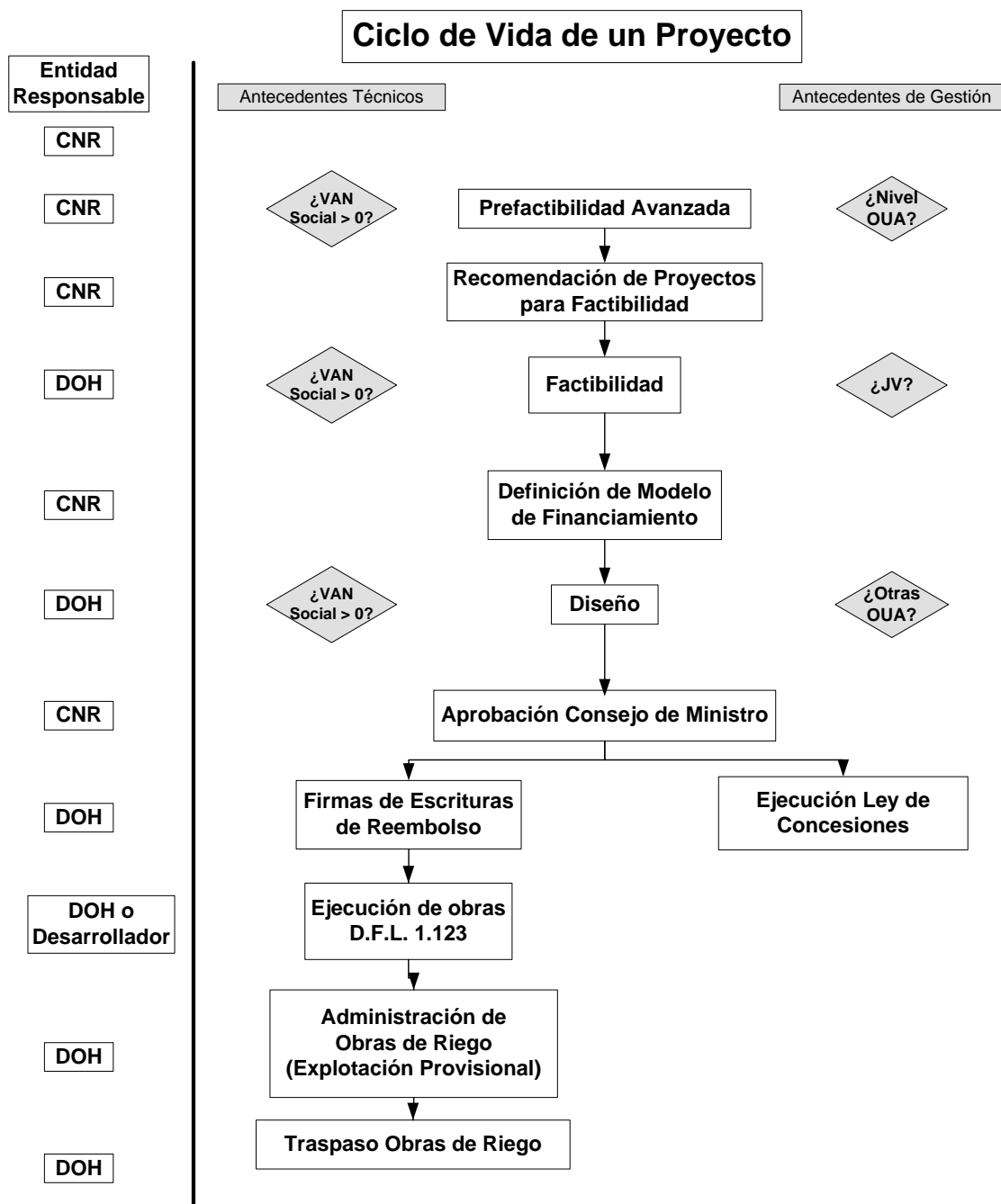
Del mismo modo, en el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego, se propone una serie de metodologías socioeconómicas que permitirán mejorar el proceso de planificación y evaluación de las obras.

- Metodología de Evaluación Socioeconómica

En el manual se presenta una metodología de evaluación socioeconómica de proyectos ex ante para determinar los beneficios esperados que la sociedad percibirá con la construcción y ejecución de la obra. Esta metodología incluye la estimación de los efectos directos, efectos indirectos y externalidades que el proyecto genere para determinar el Valor Actual Neto Social de los beneficios futuros.

El Manual propone un instrumental metodológico para la formulación y evaluación de proyectos multipropósito, considerando los beneficios potenciales de utilizar agua embalsada para riego, agua potable, minería, hidro-generación eléctrica e infiltración, entre otras. Asimismo, se propone un método de estimación de los beneficios netos asociados a defensa fluvial y control de crecidas, daño evitado y turismo.

Figura 2. Ciclo de vida de un proyecto.



Fuente: Elaboración propia, 2010.

Para estimar los beneficios netos asociados al riego, el Manual propone métodos alternativos, cuya pertinencia y aplicabilidad deberá analizarse caso a caso para cada proyecto. Entre ellos el Método del Presupuesto, el Valor Incremental de la

Tierra, el Mercado de Transacciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas y los Ahorros de Costos por Desalinización.

Asimismo, aún cuando el instrumental metodológico está todavía en desarrollo, a priori se estima que el Método del Presupuesto constituye, actualmente, el instrumento base sobre el cual deben estimarse inicialmente los beneficios por riego, sugiriéndose la aplicación del Método del Valor Incremental de la Tierra y Mercado de Transacciones de Derechos y otros, como medios de verificación y validación de los resultados obtenidos. En tal sentido, disponiéndose de información completa (asociada a mercados competitivos de la tierra y el agua), se recomienda dar prioridad a estos dos últimos métodos, dado que corresponden a resultados obtenidos a partir de preferencias reveladas, los cuales tiene en general ventajas predictivas por sobre los métodos de preferencias inferidas (como el Método del Presupuesto).

- Metodología de priorización de obras

En el Manual también se desarrolla una metodología de priorización de obras que analizará diferentes escenarios de restricción presupuestaria (nula o de corto plazo), indicando los criterios adecuados para aplicar en cada caso. Conceptualmente y en ausencia de restricciones presupuestarias, debería priorizarse la ejecución de aquellos proyectos con mayor VAN social y en orden decreciente.

- Metodología de determinación de subsidios

En el Manual se propone un método de estimación de subsidios basado en un sistema de tarificación diferenciada entre los diferentes usuarios potenciales. El sistema de tarificación debería recoger en su diseño las diferentes disposiciones a pagar por parte de los usuarios a través de un modelo que recoja la eventual naturaleza de monopolio natural de los embalses y obras de conducción anexas, las características diferenciales de los usuarios (diferentes disposiciones a pagar), el autofinanciamiento y sustentabilidad de los sistemas en el largo plazo y la alineación de los incentivos hacia los usos más eficientes del recurso. En principio, se propone un modelo de tarifas en dos partes, que capte la heterogeneidad de los diferentes usuarios. En relación al Subsidio, se propone un modelo, similar al Subsidio al Pago del Agua Potable, donde la transferencia es focalizada a la demanda y revista determinadas características que lo hagan habilitador.

De esta forma, el Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego sienta las bases para el proceso de planificación, evaluación, ejecución y traspaso de grandes obras tomando como unidad de análisis la cuenca y considerando el carácter de multiuso del recurso hídrico. Se propone una planificación integrada que involucre tanto los antecedentes técnicos y económicos como los de gestión asociada a elementos jurídicos relacionados a los derechos de aprovechamiento de aguas y organizaciones de usuarios de aguas que asegure uso eficiente del gasto público en este tipo de proyectos. Asimismo, se plantean metodologías actualizadas e integrales que permitan mejorar las evaluaciones

socioeconómicas de los proyectos con el fin de disminuir la incertidumbre asociada a la inversión y ser una herramienta útil para la toma de decisiones.

Se debe indicar que el presente Manual corresponde a su primera versión y además, se debe dejar explícito que todo el material y el desarrollo metodológico descrito en el Manual está sujeto a revisión y a mejora continua.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este Manual es establecer la metodología aplicable al estudio, priorización y desarrollo de las Grandes Obras de Riego desarrolladas por el Estado, de tal forma de actualizar los mecanismos utilizados para dichas acciones a la luz de una evaluación integrada de los recursos hídricos y de la experiencia recogida durante el desarrollo de obras de riego bajo metodologías anteriores, ello, con el fin de mejorar la actividad de los servicios públicos involucrados en el estudio, priorización y desarrollo de estas obras, para mejorar la eficiencia y eficacia de la actividad del Estado y en la utilización de los fondos públicos, en pos de propender al desarrollo de Chile, el igual acceso a las oportunidades y a la superación de la pobreza.

El recurso hídrico destaca como un factor crítico en el desarrollo económico del país. Prácticamente todas las actividades económicas ligadas a recursos naturales utilizan el agua como un insumo fundamental en sus procesos productivos (agricultura, minería y generación de energía, entre otros). Sin embargo, diversos factores han justificado que el análisis de su gestión se realice desde la perspectiva de un bien escaso.

- La alta heterogeneidad temporal y espacial del recurso hídrico en Chile determina que la mayor disponibilidad no coincida con la mayor demanda de agua.
- La creciente demanda por el recurso hídrico motivado por el crecimiento económico del país ligado al aprovechamiento de recursos naturales y al crecimiento poblacional.
- La creciente competencia por el uso del recurso hídrico por parte de sectores económicos.
- El cambio climático está generando variaciones en el patrón de precipitaciones y de temperatura en gran parte del país que afectan la disponibilidad hídrica.

Para hacer frente a este escenario y para mejorar el proceso de planificación, evaluación, diseño, ejecución y traspaso de grandes obras de riego, el Presidente de la República ha encomendado al Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego un manual que sirva como guía tanto a instituciones públicas como privadas en el desarrollo de estrategias para obtener el mejor uso de los recursos hídricos. En la confección del presente manual participaron las siguientes instituciones:

- Comisión Nacional de Riego – Ministerio de Agricultura
- División de Planificación, Estudios e Inversiones – Ministerio de Planificación
- Dirección de Obras Hidráulicas – Ministerio de Obras Públicas
- Dirección General de Aguas – Ministerio de Obras Públicas

- Dirección de Planeamiento – Ministerio de Obras Públicas

El enfoque utilizado en el Manual es el Evaluación integrada de Recursos Hídricos, donde se considera a la cuenca como unidad de planificación, desarrollar y aplicar una estrategia de desarrollo socioeconómico sostenible de mediano y largo plazo. Dicho enfoque reconoce el carácter de multiuso que tiene el recurso hídrico lo que deriva a que la planificación de inversiones en infraestructura hídrica tenga como objetivo maximizar los beneficios sociales producto del uso múltiple y sostenible de los recursos hídricos.

Dado a que el recurso hídrico es un elemento transversal en diversas actividades económicas, se presenta en el Capítulo 1 los “Lineamientos Estratégicos del País”, en el cual se describen los objetivos y metas de los ministerios que se encuentran directamente relacionados con su gestión. Posteriormente, en el Capítulo 2 se presenta el “Evaluación integrada de Recursos Hídricos”, donde se expone el enfoque utilizado y donde se propone un listado de cuencas deficitarias y los productos que debe considerar un Estudio Integrado de Recursos Hídricos. Luego, en el Capítulo 3, se describe el “Ciclo de Vida del Proyecto”, donde se describen las etapas y los requisitos tanto para el análisis de las áreas temáticas para desarrollar los componentes técnicos y de gestión asociados al proyecto. A continuación, en el Capítulo 4 se presenta la “Propuesta Metodológica para la Formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas”, donde se detallan las metodologías a utilizar para estimar el impacto socioeconómico esperado por las inversiones, la metodología de priorización de obras y la metodología de tarificación y subsidios. Finalmente, en el Capítulo 5 de “Administración y Responsabilidades Generales” se describen los alcances y tareas que los actores relevantes tienen en el proceso de mejora continua del Manual.

1. CAPÍTULO 1. INSTITUCIONALIDAD

El agua es un elemento esencial en la actividad económica del país y en el desarrollo de la sociedad, por lo que se le reconoce como un recurso transversal en, prácticamente, todas las actividades económicas ligadas al aprovechamiento de recursos naturales, tales como la agricultura y minería. Dado que el recurso hídrico tiene múltiples usos, en el presente Manual se propone que las grandes obras de riego sean planificadas con un enfoque de multipropósito, con el fin de obtener el mayor beneficio social a través del uso sostenible y racional del recurso. Por consecuencia, al considerar el agua como un recurso con diversos usos, queda de manifiesto que son varios los ministerios que están relacionados con su aprovechamiento.

De esta manera, el primer capítulo del Manual expone, a modo referencial, los lineamientos estratégicos de los ministerios de Agricultura, Obras Públicas, Minería y Energía, con el fin de que sean considerados en el proceso de planificación y desarrollo de las grandes obras de riego. Específicamente, en el caso del Ministerio de Obras Públicas se incluye una discusión acerca de las competencias legales de dicha cartera para realizar estudios de preinversión en obras multipropósito.

1.1. Ministerio de Agricultura

El Ministerio de Agricultura es la institución del Estado encargada de fomentar, orientar y coordinar la actividad silvoagropecuaria del país. De acuerdo al decreto ley 294 de 1960, "su acción estará encaminada, fundamentalmente, a obtener el aumento de la producción nacional, la conservación, protección y acrecentamiento de los recursos naturales renovables y el mejoramiento de las condiciones de nutrición del pueblo".

Para fomentar eficientemente el desarrollo del sector, el Ministerio de Agricultura actúa en distintas áreas:

Área de Gobierno sectorial

- Obtención, elaboración y difusión de información sectorial.
- Análisis de situación y perspectivas de desarrollo silvoagropecuario.
- Elaboración y diseño de políticas sectoriales.
- Estudio de disposiciones legales sobre producción, comercialización, protección fito y zoosanitaria y uso de los recursos agrícolas.
- Asignación interna de los recursos fiscales.
- Definición, supervisión y seguimiento de los programas que ejecuta el Ministerio en beneficio del sector agrícola.
- Análisis del comercio exterior silvoagropecuario y coordinación de la cooperación técnica internacional.

Área de servicios de investigación y transferencia de tecnología

- Protección de los recursos naturales renovables.
- Protección de la salud animal y la sanidad vegetal del país.
- Apoyo financiero directo a pequeños agricultores.
- Fomento forestal.
- Fomento al riego, en coordinación con otras entidades públicas con inherencia en la materia.

1.2. Ministerio de Obras Públicas

La misión del Ministerio de Obras Públicas es "recuperar, fortalecer y avanzar en la provisión y gestión de obras y servicios de infraestructura para la conectividad, la protección del territorio y las personas, la edificación pública y el aprovechamiento óptimo de los recursos hídricos; asegurando la provisión y cuidado de los recursos hídricos y del medio ambiente, para contribuir en el desarrollo económico, social y cultural, promoviendo la equidad, calidad de vida e igualdad de oportunidades de las personas".

Los ejes estratégicos del Ministerio de Obras Públicas son:

- Impulsar el desarrollo económico del país, a través de la infraestructura con visión territorial integradora.
- Impulsar el desarrollo social y cultural, a través de la infraestructura, mejorando la calidad de vida de las personas.
- Contribuir a la gestión sustentable del medioambiente, del recurso hídrico y de los ecosistemas.
- Alcanzar el nivel de eficiencia definido en el uso de los recursos.

El Ministerio de Obras Públicas está encargado del planeamiento, estudio, proyección, construcción, ampliación, reparación, conservación y explotación de las obras públicas fiscales de su tuición, tales como caminos, autopistas, puentes, túneles, aeropuertos, aeródromos, rampas, embalses de riego, defensas fluviales, colectores de agua lluvia, agua potable rural, obras de edificación pública nuevas, puestas en valor de edificación existente de carácter patrimonial, borde costero, entre otras. Además es responsable de la aplicación de la Ley de Concesiones y del Código de Aguas.

También actúa por mandato, siendo responsable del estudio, proyección, construcción, ampliación y reparación de obras que le encarguen los ministerios que por Ley tengan facultad para construir obras; las instituciones o empresas del Estado; las sociedades en que el Estado tenga participación; los Gobiernos Regionales y las Municipalidades; conviniendo sus condiciones, modalidades y financiamiento.

1.3. Ministerio de Minería

El Ministerio de Minería tiene como misión institucional “Diseñar, difundir y fomentar políticas mineras de nuestro país, que incorporen la sustentabilidad y la innovación tecnológica, a fin de maximizar el aporte sectorial al desarrollo económico, ambiental y social del país”.

Su visión institucional es “Ser una institución referente en lo técnico, que lidere el desarrollo sustentable de la minería nacional y que posicione a Chile como país minero a nivel internacional”.

El Ministerio de Minería tiene los siguientes objetivos estratégicos:

- Liderar el desarrollo minero, que permita la agregación de valor en el marco del desarrollo sustentable del sector.
- Posicionar al Ministerio de Minería como una institución referente en lo técnico, que consolida su liderazgo nacional e internacional.

El Programa de trabajo del Ministerio de Minería se enfoca en las siguientes políticas fundamentales:

- Apoyar el crecimiento de la actividad e inversión minera en nuestro país tanto privada como pública.
- Posicionar internacionalmente a Chile como un país minero por excelencia.
- Apoyar el desarrollo de la pequeña y mediana minería, a través de políticas específicas de fomento y desarrollo de mercados.
- Implementar acciones específicas para impulsar la colaboración público-privada que permita potenciar la actividad de la industria en todas las etapas de la cadena productiva, laboral, ambiental y comercial.
- Diseñar los lineamientos estratégicos que permitan mejorar el rendimiento de las empresas y direcciones públicas a su cargo.

En particular, el presente Gobierno, a través de este Ministerio, se ha propuesto los siguientes objetivos:

- Aceleración del plan de inversiones (US\$50 mil millones próximos diez años).
- Fomento a la exploración.
- Fomento a la pequeña y mediana minería.
- Desarrollo del Mercado de Capitales para financiar emprendimientos mineros.
- Preocupación en temas sensibles: agua, energía, medioambiente.
- Agenda legislativa proactiva para promover materias que impulsen desarrollo del sector y explotación de otros minerales (nitratos, yodo, litio).
- Desarrollo de capital humano relacionado a la minería.
- Revisión de institucionalidad: empresas y servicios del sector.
- Seguridad Minera: Institucionalidad y Fiscalización.

1.4. Ministerio de Energía

El objetivo general del Ministerio de Energía es elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector, velar por su cumplimiento y asesorar al Gobierno en todas aquellas materias relacionadas con la energía.

El sector energía comprende todas las actividades de estudio, exploración, explotación, generación, transmisión, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, uso eficiente, importación y exportación, y cualquiera otra que concierna a la electricidad, carbón, gas, petróleo y derivados, energía nuclear, geotérmica y solar, y demás fuentes energéticas.

Entre otras funciones, el Ministerio de Energía está encargado de:

- Preparar los planes y políticas para el sector energía y proponerlos al Presidente de la República para su aprobación;
- Estudiar y preparar las proyecciones de la demanda y oferta nacional de energía que deriven de la revisión periódica de los planes y políticas del sector;
- Contratar con personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, los estudios generales relacionados con el funcionamiento y desarrollo integral del sector, así como los de prefactibilidad y factibilidad que sean necesarios para la formulación y ejecución de los planes y políticas energéticas;
- Elaborar, coordinar, proponer y dictar según corresponda, las normas aplicables al sector energía que sea necesarias para el cumplimiento de los planes y políticas energéticas de carácter general, así como para la eficiencia energética, la seguridad y adecuado funcionamiento y desarrollo del sistema en su conjunto. Al efecto, podrá requerir la colaboración de las instituciones y organismos que tengan competencia normativa, de fiscalización o ejecución en materias relacionadas con la energía;
- Velar por el efectivo cumplimiento de las normas sectoriales, sin perjuicio de las atribuciones que correspondan a los organismos en ella mencionados, a los que deberá impartir instrucciones, pudiendo delegar las atribuciones y celebrar con ellos los convenios que sean necesarios;
- Integrar y participar en la formación y constitución de Art. 2 N° 5 v) personas jurídicas de derecho privado, sin fines de lucro, a que D.O. 03.12.2009 se refiere el Título XXXIII del Libro Primero del Código Civil, cuya finalidad fundamental sea la promoción, información, desarrollo y coordinación de iniciativas de investigación, transferencia y difusión de conocimientos económicos, tecnológicos y de experiencias en el área de la energía. Del mismo modo, el Ministerio está facultado para participar en la disolución y liquidación de las entidades de que forme parte, con arreglo a los estatutos de las mismas;

- Cumplir las demás funciones y tareas que las leyes o el Gobierno le encomiende concernientes a la buena marcha y desarrollo del sector energía.

2. CAPÍTULO 2. EVALUACIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

2.1. Evaluación integrada de Recursos Hídricos

El agua destaca como un factor crítico en el desarrollo económico del país, constituyéndose en un recurso cada vez más escaso. Su creciente demanda ha generado diversos conflictos entre sectores económicos y en los usuarios. En tal contexto, desarrollar una gestión que asegure la disponibilidad de agua para el consumo de la población y para el desarrollo productivo, en el mediano y largo plazo, constituye un gran desafío, al cual la autoridad no puede sustraerse sino que, al contrario, debe enfrentar con sus mejores herramientas¹.

En el ámbito hídrico los desafíos y prioridades del siguiente decenio y en los años posteriores se focalizarán en:

- a. Profundizar **la planificación y evaluación integrada de las cuencas hidrográficas**, permitiendo la optimización del recurso hídrico entre usos múltiples y competitivos;
- b. La **construcción de obras** multifuncionales, combinando una infraestructura que asegure el agua para uso agrícola, hidrogenación, agua potable, minería, y que facilite el uso recreacional y turístico.
- c. Propiciar fuertemente el **riego optimizado, a través de canales cubiertos y cañerías y de la medición de los consumos** por sector o territorio agrícola demandante;
- d. Desarrollar políticas para asegurar que las **aguas servidas tratadas** por las empresas sanitarias sean reutilizadas a cabalidad;
- e. Asegurar la ejecución de obras para dotar de agua potable (y saneamiento básico), a las **poblaciones rurales semi-concentradas**;
- f. Contar con una política de administración e **impulso de obras de desalinización de aguas**, en las zonas con mayor déficit de agua dulce, especialmente en la Macrozona Norte. Para esto, se debe definir el contexto jurídico que permita administrar e impulsar obras de desalinización de aguas y definir el propósito del agua desalada.

Consciente de estas necesidades, el Supremo Gobierno ha instruido al Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego (CNR) y a otras organizaciones, involucradas en la institucionalidad del sector hídrico nacional, preparar un Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego, que incluya un análisis y una estructuración del proceso de planificación de dichas obras. El presente Manual detalla las etapas desde el inicio del ciclo, con el estudio de la situación

¹ Algunos párrafos de esta Introducción fueron extraídos del capítulo sobre Recursos Hídricos del Informe Final del Plan Director de Infraestructura, preparado por la Consultora INECON para la Dirección de Planeamiento del MOP.

hídrica a nivel de las cuencas y la identificación de ideas de posibles proyectos a nivel de perfil, pasando por las fases de prefactibilidad y factibilidad, hasta llegar al diseño y la ejecución de los proyectos, y finalmente al traspaso de la obra a los usuarios y beneficiarios.

En el marco de los trabajos para la confección del mencionado Manual se ha definido el Ciclo de Vida de un Proyecto de Riego, en el cual se analizan y determinan en detalle los antecedentes técnicos y de gestión que se deben recabar en cada etapa, así como los procedimientos a aplicar para la toma de decisiones, los cuales permitirán avanzar hacia las etapas posteriores. Dicho Ciclo de Vida se elabora bajo un enfoque de Evaluación integrada de Recursos Hídricos, donde se propone el uso múltiple del recurso hídrico, ya que reconoce al agua como un elemento esencial y transversal en la economía nacional y en la sociedad. De esta manera, se plantea que este tipo de obras deben planificarse como multipropósito, con el fin de que se puedan maximizar los beneficios producto del uso sostenible de los recursos hídricos.

En este capítulo se describe el enfoque de Evaluación integrada de Recursos Hídricos bajo el cual está confeccionado el presente manual. Luego se presenta el temario mínimo que los Estudios integrados de recursos hídricos deben considerar, junto con los productos que el estudio debe obtener, dentro de los cuales está la identificación de ideas de proyectos para solucionar los problemas hídricos a nivel de las cuencas, y la formulación final de los perfiles de los proyectos priorizados para su inclusión en el Sistema Nacional de Inversión. Finalmente, se presenta una propuesta de cuencas prioritarias para su intervención debido a que presentan un déficit hídrico importante.

2.2. Requerimientos y procedimientos a aplicar en la Evaluación integrada de Recursos Hídricos

Con el fin de definir los antecedentes necesarios para desarrollar una estrategia de Evaluación integrada de Recursos Hídricos, se realizó una revisión de estudios ya ejecutados que permitieran definir los requerimientos mínimos a pedir en los Estudios Integrados de Recursos Hídricos.

El país cuenta con una vasta experiencia en la construcción de obras de riego, sin embargo, varias de ellas datan de décadas pasadas y los estudios de las cuencas, que sirvieron de punto de partida para la identificación de los proyectos realizados, pueden no estar disponibles o desactualizados. Por ello, se realizó una revisión crítica de las estructuras y contenidos de los estudios de las cuencas en las cuales fueron desarrolladas las obras de los embalses de reciente ejecución (Convento Viejo, Ancoa y El Bato).

Por otra parte, en la última década la DGA ha impulsado la realización de los Planes Directores de las cuencas de los ríos Aconcagua e Imperial, con metodologías bien acabadas, cuyos planes y metodologías fueron revisados

como posibles fuentes que faciliten la elaboración de los Términos de Referencia en los estudios de cuencas y la identificación de las posibles ideas de proyectos en su ámbito.

En forma complementaria se revisó el estudio Estimaciones de Demanda de Agua encargado por la DGA (2007) sobre proyecciones de requerimientos hídricos esperados en las diversas cuencas del país para los próximos 30 años de modo de contar con los antecedentes de demanda allí analizados. Asimismo, revisó el estudio "Diagnóstico de Fuentes de Agua no Convencionales en el Regadío Interregional" encargado por la CNR (2010), el cual presenta un balance hídrico a nivel de cuencas, y propone diversas soluciones para aumentar la disponibilidad hídrica a través de fuentes no convencionales. La confrontación de los resultados de ambos estudios permitirá identificar además las cuencas con mayores problemas hídricos, de modo de establecer un orden prioritario para enfrentar los estudios de las cuencas, aplicando los Términos de Referencia que se presentan en el siguiente punto.

De la revisión crítica de estos estudios y de los criterios de los profesionales que integran la mesa, se puede concluir la propuesta para los Términos de Referencia de los futuros estudios de cuencas (a nivel de estudio básico), así como también se alcanzará una priorización para el estudio de las mismas. A continuación se presenta la tabla de contenidos con los productos que se deben presentar en los Estudios Integrados de Recursos Hídricos.

Cabe hacer presente que la Evaluación Integrada de los Recursos Hídricos, servirá de base para la elaboración de perfiles de proyectos de aprovechamiento hidráulico, en la medida en que esta información exista y sea factible de obtener para una obra determinada.

2.3. Tabla de contenidos y productos para Estudios Integrados de Recursos Hídricos

1. Caracterización de cuenca

a. Geográfica

Productos: estudio de geomorfología, suelo, clima, hidrología y biogeografía. A partir de estos estudios básicos se debe realizar un análisis de las características agroclimáticas y de erosión de suelos.

b. Político-administrativa

Productos: identificación de provincias y comunas con su respectiva superficie.

c. Económica

Productos: identificación y descripción de principales actividades económicas: servicios, transporte, industria, manufactura, agropecuario (sector forestal, agrícola, frutícola, pecuario, pesca). El análisis debe incorporar la tendencia del valor de la producción, exportaciones, empleo por sector económico y superficie.

d. Demográfica

Productos: caracterización de la población. Se debe incluir análisis de distribución de edad, educación, número de personas en hogar, sexo del jefe de hogar, actividad productiva del jefe de hogar, población económicamente activa, ingreso familiar agrícola y no agrícola, densidad de población, pobreza rural y su distribución territorial y evolución.

e. Ambiental

Productos: catastro y caracterización de la flora y fauna de la cuenca y sus sistemas ecológicos.

f. Infraestructura

Productos: catastro y caracterización de la infraestructura vial, de educación, de salud, de riego (embalses, canales, bocatomas, pozos, etc.).

g. Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) y Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA)

Productos: diagnóstico del estado de los DAA, requerimiento de regularización y/o perfeccionamiento de éstos, catastro de usuarios legales e ilegales de DAA, propiedad de los DAA, diagnóstico del status legal y funcional de las OUA.

2. Diagnóstico de recursos hídricos

a. Estimación de oferta hídrica.

- i. Oferta superficial.
- ii. Oferta subterránea, con especial énfasis en el tema de la recarga de los acuíferos.
- iii. Oferta de fuentes de agua no convencionales.
- iv. Modelación superficial-subterránea.

b. Estimación de demanda hídrica.

- i. Por sectores económicos.
- ii. Caudal ecológico.

c. Balance hídrico.

Productos: balance hídrico actual que incorpore la oferta superficial y subterránea y los diferentes sectores económicos. Modelo predictivo de la disponibilidad de agua en la cuenca.

3. Perspectivas futuras (a 15 y 30 años), incluyendo un análisis de los impactos esperados por el cambio climático, tanto en la oferta hídrica como en la estructura productiva (demanda)

a. Estimación de oferta hídrica esperada.

- i. Oferta superficial.
- ii. Oferta subterránea.

b. Estimación de demanda hídrica esperada.

- i. Por sectores económicos.
- ii. Con supuestos razonables de crecimiento del PIB y población, entre otros.

c. Balance hídrico esperado.

Productos: balance hídrico esperado que incorpore diferentes escenarios de oferta superficial y subterránea y demandas proyectadas según crecimiento económico y poblacional para los diferentes sectores económicos. Para el sector agrícola, se deben incorporar diferentes escenarios productivos asociados a cambios en la asignación de uso de suelo hacia especies de mayor rentabilidad.

4. Participación Ciudadana

- a. Consulta a todos los actores involucrados con la gestión del recurso hídrico, especialmente a los representantes de los dueños de los derechos de agua.
 - i. Juntas de Vigilancia.
 - ii. Asociaciones de Canallistas.
 - iii. Comunidades de Aguas.
 - iv. Representantes institucionales: DGA, DOH, CNR, INDAP, SAG, CONAMA.

Productos: se espera la realización de entrevistas personales y/o a grupos focales de los representantes indicados, junto con un análisis crítico de la información levantada.

5. Identificación de los principales problemas hídricos existentes en la cuenca. Los aspectos a analizar son:

- a. Disponibilidad física y jurídica de recursos hídricos.
- b. Necesidades de regulación.
- c. Necesidad de desarrollar fuentes no convencionales de agua.
- d. Problemas asociados a la regulación por embalses hidroeléctricos.
- e. Defensa ante eventos críticos (inundaciones y sequías).
- f. Aprovechamiento y uso eficiente del recurso.
- g. Calidad de aguas y sedimentación de la cuenca.
- h. Riesgos potenciales de contaminación de aguas superficiales y subterráneas por actividades industriales (tranques de relave, riles de industrias y agroindustria)

Productos: se espera un diagnóstico con los problemas actuales y proyectados para cada uno de los ámbitos, analizando claramente sus causas y consecuencias si no se aplicara un Plan de Acción.

6. Formulación del Plan de Acción

- a. Priorización y Clasificación de Soluciones Públicas y Privadas.

Productos: Desarrollo de mesas de trabajo público-privadas que definan un listado priorizado para cada uno de los ámbitos identificados en el punto 6 con soluciones públicas y privadas que consideren el uso múltiple del recurso hídrico.

- b. Definición del Plan de Acción considerando el uso múltiple del recurso hídrico y las diferentes instituciones involucradas en su gestión.

Productos: elaboración de un Plan de Acción Público-Privado a desarrollar según las soluciones públicas y privadas con una estimación de requerimiento de recursos (tiempo, presupuesto), institución responsable, plazo de ejecución y beneficios esperados para cada una de ellas.

c. Definición de iniciativas de obras de riego a nivel de perfil avanzado
Productos: elaboración de iniciativas a nivel de perfil avanzado para grandes obras de riego, definido a partir de las soluciones públicas con una estimación de requerimiento de recursos, costos, beneficios y superficie beneficiada que puedan pasar a la etapa de Prefactibilidad.

2.4. Propuesta de priorización de cuencas

En el presente manual se propone una priorización de cuencas deficitarias y que presenten actualmente problemas importantes de escasez. Para definirlas, se decidió utilizar información secundaria, específicamente:

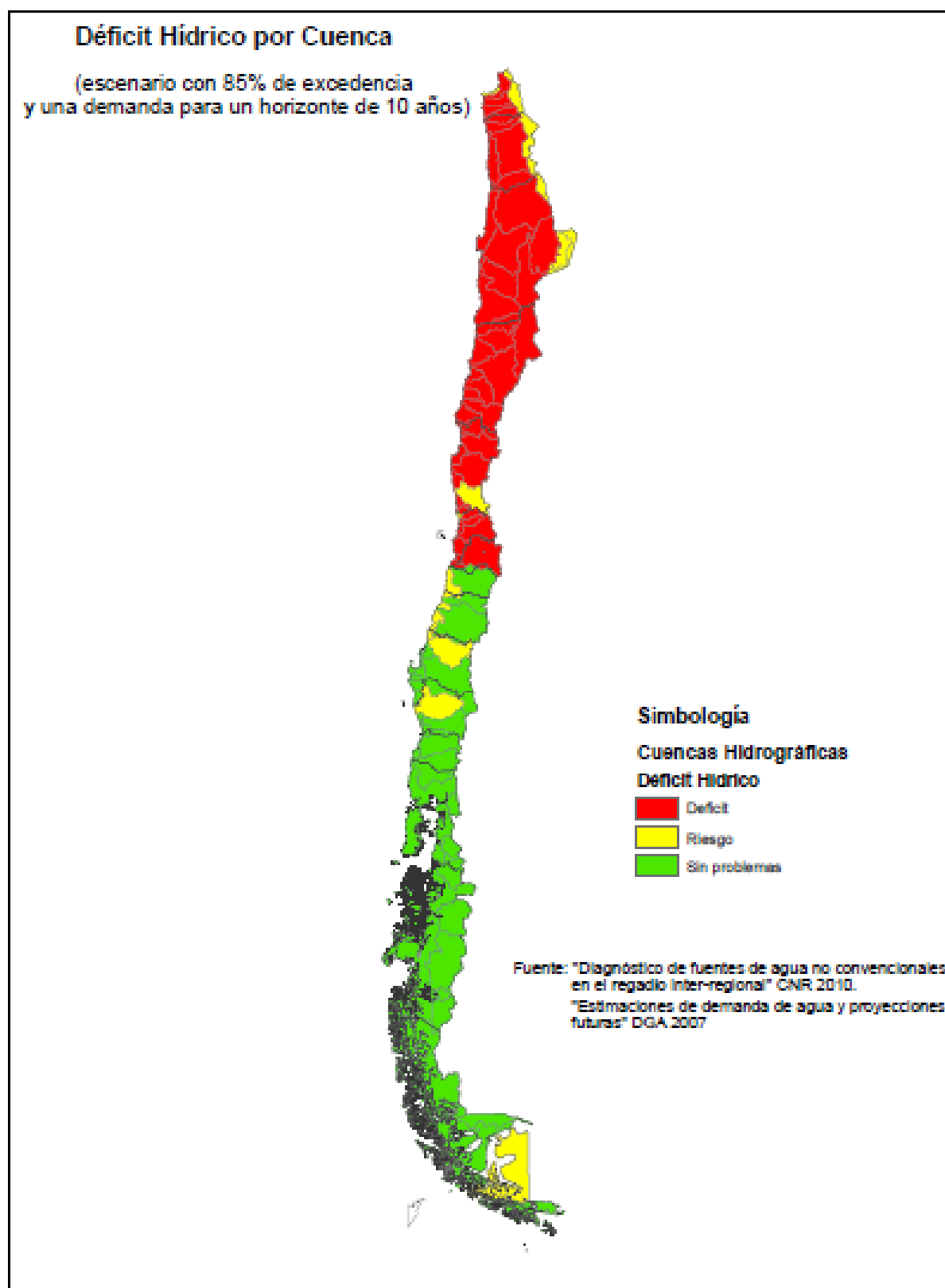
- Estimaciones de Demanda de Agua y Proyecciones Futuras (2007), encargada por la DGA;
- Diagnóstico de Fuentes de Agua no Convencionales en Regadío Interregional (2010), encargada por la CNR.

Se consideraron estos dos estudios debido a que son los que presentan la información más actualizada.

La aspiración del Manual es considerar a la cuenca como unidad de planificación y gestión de los recursos hídricos, para lo cual se requiere una política decidida a favor de la ejecución de Estudios Integrales de Cuencas que permitan a las instituciones públicas desarrollar la mejor estrategia para el desarrollo de la cuenca, basado en el uso racional y sostenible de los recursos hídricos.

A continuación se presenta en forma visual las cuencas deficitarias del país. Para ello se consideraron aquellas cuencas que aparecen en alguno de los dos estudios mencionados anteriormente como deficitarias. Se muestra inicialmente un plano general del país, y luego el detalle por agrupaciones de regiones.

Figura 3. Déficit Hídrico por Cuenca a nivel país.



29

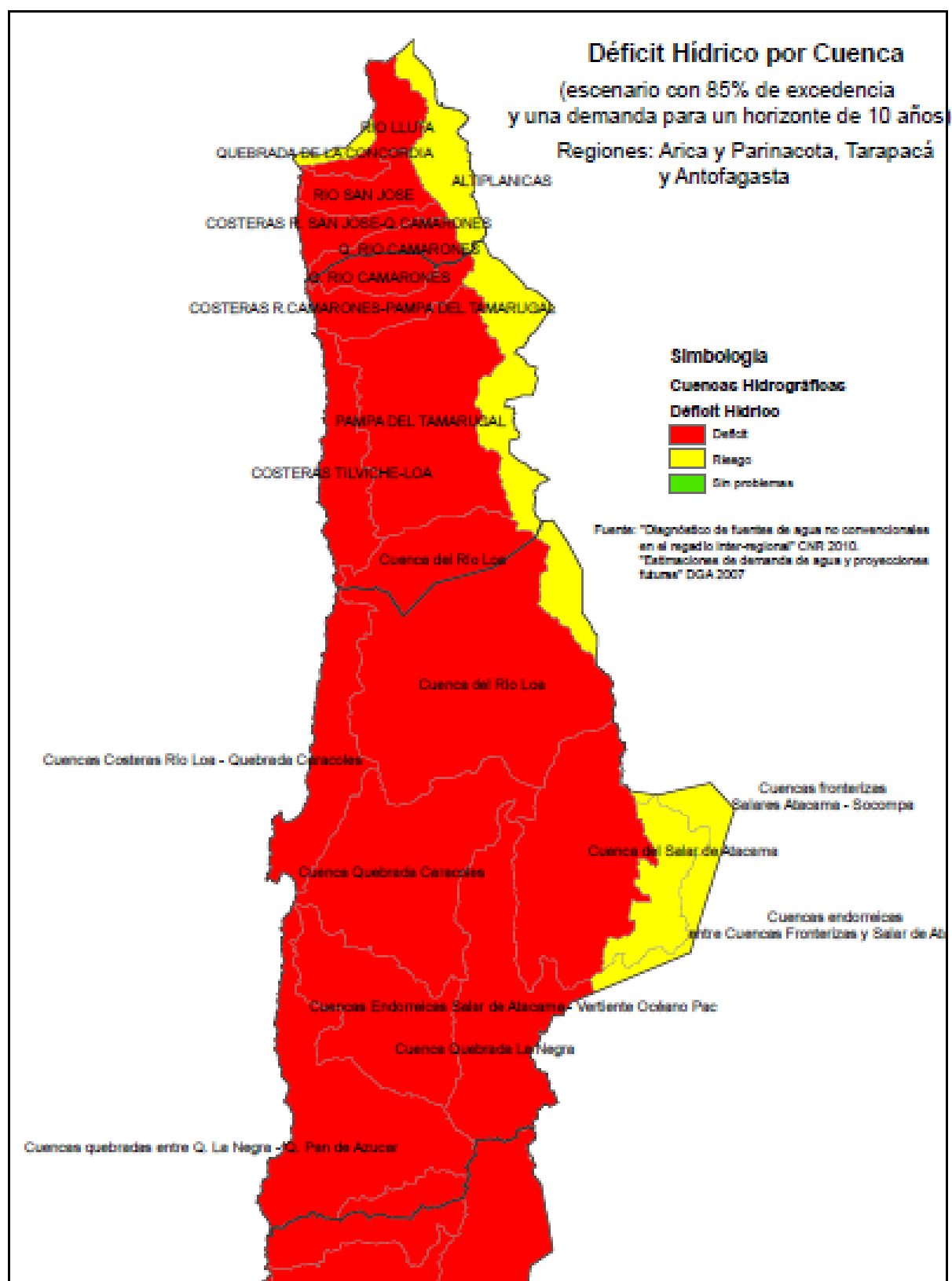


Figura 5. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones III y IV.

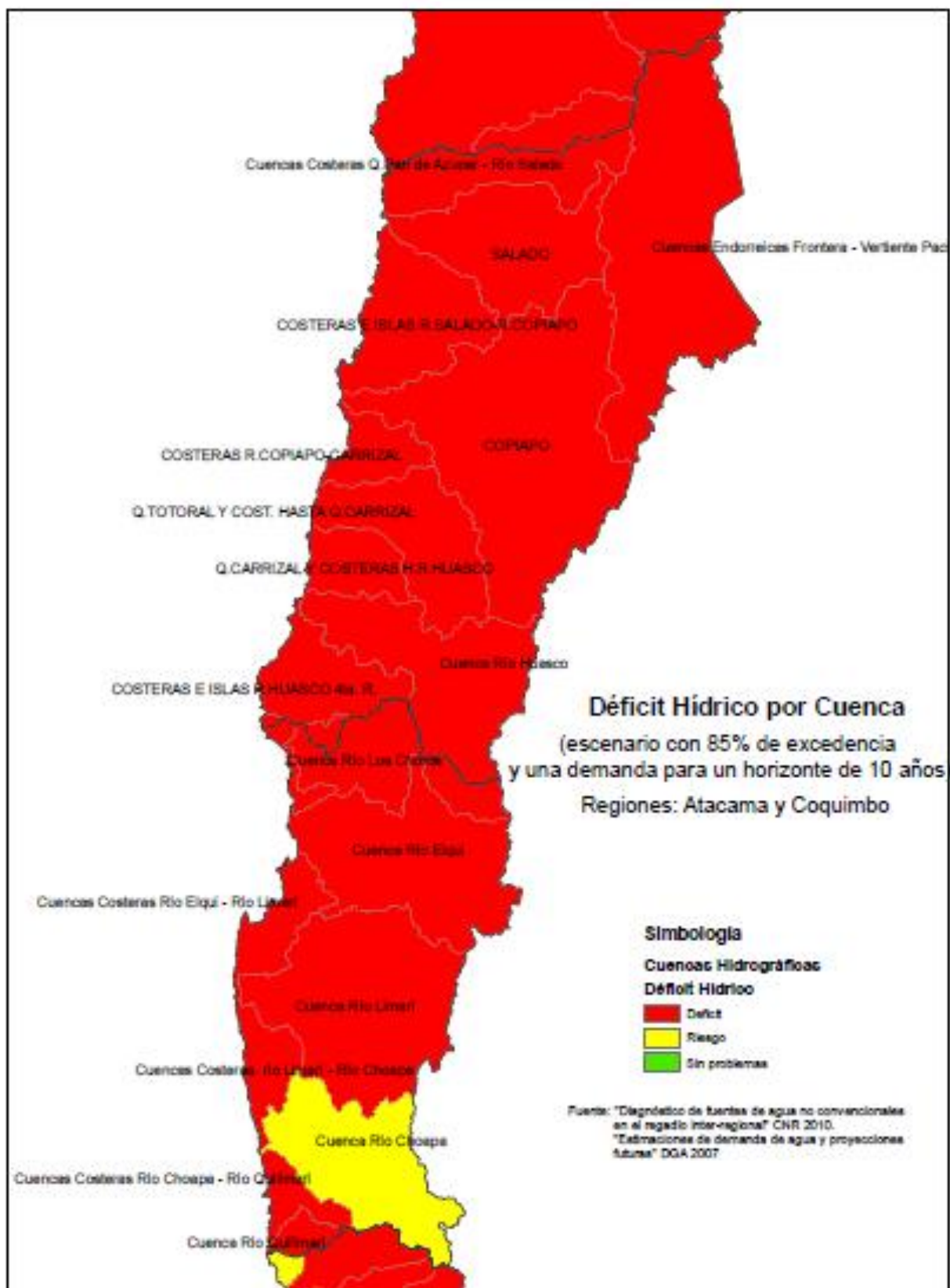


Figura 6. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones V, RM, VI, VII, VIII y IX.

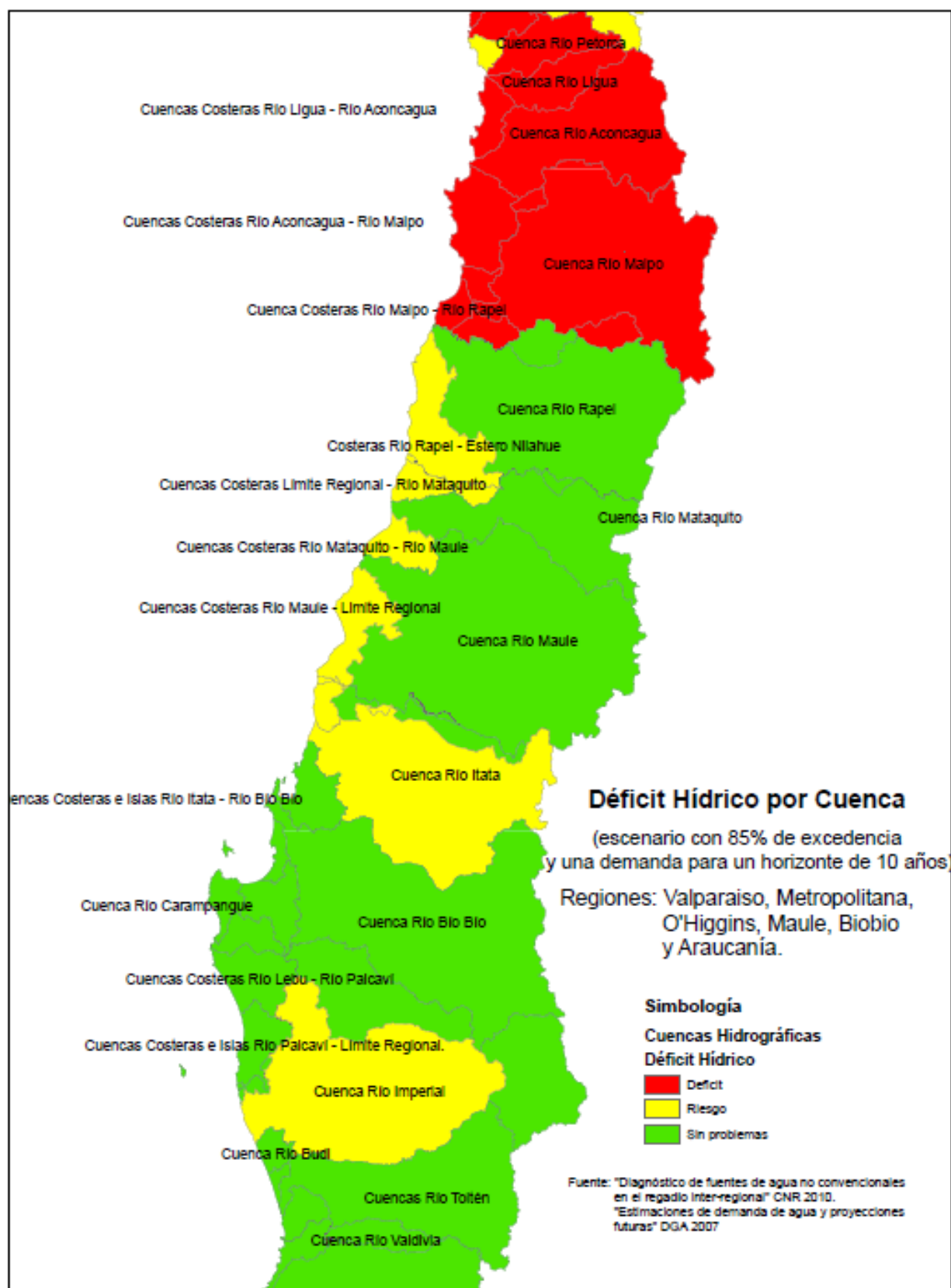
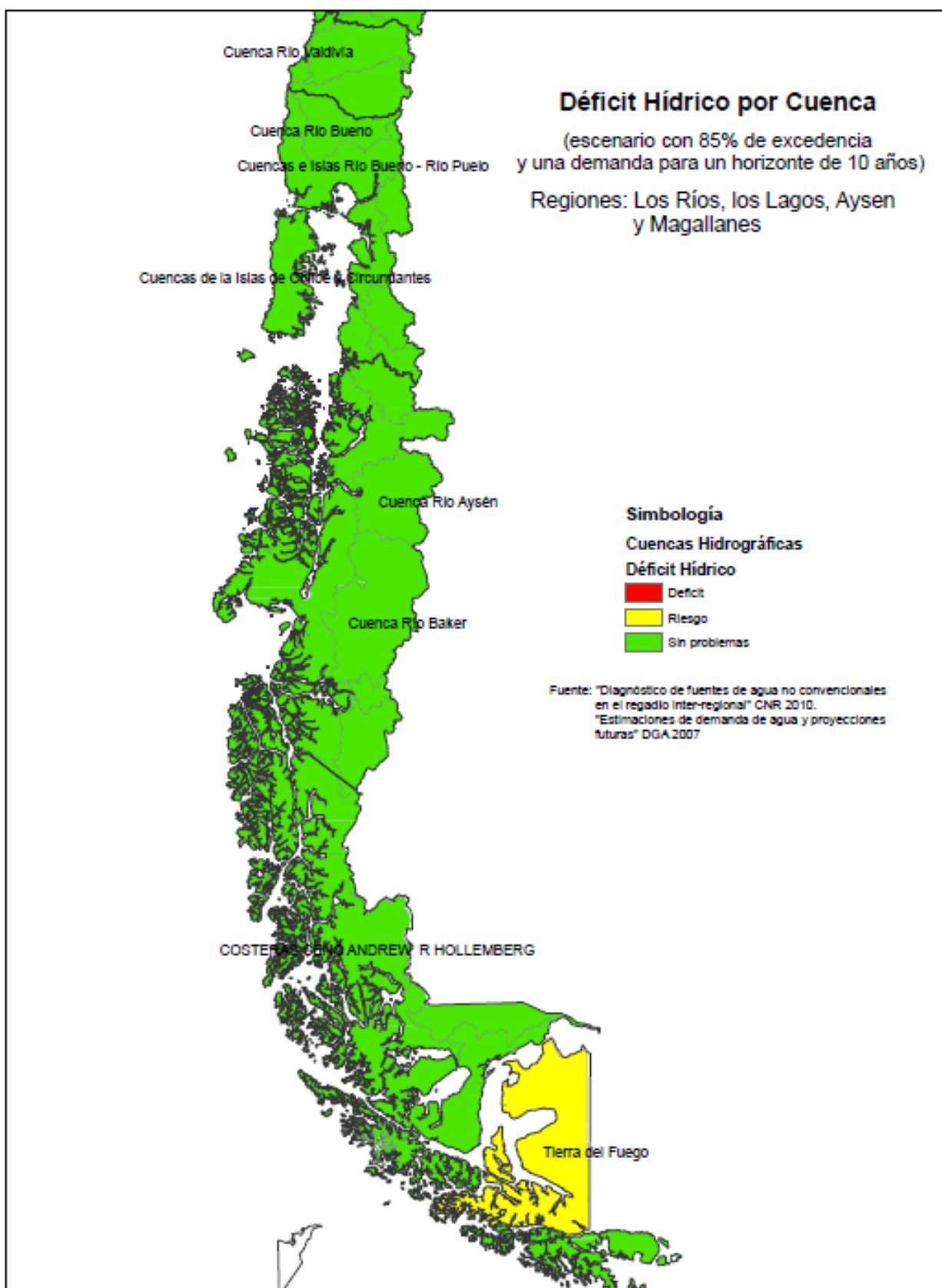


Figura 7. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones XIV, X, XI y XII.



3. CAPÍTULO 3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

3.1. Etapa de Prefactibilidad

Se propone que la etapa de prefactibilidad de la fase de preinversión del proyecto surja a partir de los perfiles de proyectos identificados en el Estudio Integrado de Recursos Hídricos. La etapa de prefactibilidad tiene por objetivo mejorar la calidad y precisión de los antecedentes con los cuales se tomará la decisión de realizar el proyecto. Esta etapa examina con mayor detalle las alternativas viables que fueron determinadas en la etapa anterior de perfil, descartando las menos efectivas y seleccionando la o las mejores. Espera una imprecisión media entre un 30% y 40% sobre las variables relevantes y el cálculo de los indicadores económicos.

3.1.1. Antecedentes técnicos

Evaluación técnica y económica en detalle, que comprende las siguientes actividades y antecedentes:

Análisis de Antecedentes

El análisis de los antecedentes debe realizarse como una de las primeras actividades antes de formular un proyecto de riego específico. Se debe puntualizar la localización geográfica, las principales características físicas y ecológicas del área, su población total y activa diferenciada por sexo, la infraestructura de servicios y las principales actividades económicas. Además, se debe incluir el detalle y evaluación de los recursos disponibles en el área, tales como clima, suelo, agua y recursos humanos, caracterizando la situación agropecuaria y de regadío e indicando el problema o necesidad insatisfecha que se desea solucionar. Ello permitirá, entre otros, una sectorización espacial del área de estudio, que perfeccionará y facilitará la definición, las alternativas de solución y los elementos que las componen, así como la concepción del proyecto que optimiza la satisfacción de la demanda por riego.

Los antecedentes a estudiar y que deben estar contenidos en el Informe de Prefactibilidad son:

- Aspectos Legales y Administrativos.
 - Nómina de los derechos de aprovechamiento de aguas y de los predios que se afectarán por la ejecución del proyecto.
 - Nómina de las Organizaciones de Usuarios del Agua beneficiarias del proyecto.
 - Situación legal de las Organizaciones de Usuarios del Agua.
 - Situación legal de los derechos de aprovechamiento de aguas.
 - Análisis de los aspectos medioambientales del proyecto.

- Establecimiento de las aprobaciones que requiere el desarrollo del proyecto
 - Aspectos Técnicos
- Hidrología e hidrogeología.
- Topografía general de la cuenca aportante y área de emplazamiento de las obras (en el caso de embalses).
- Topografía básica de la zona de emplazamiento de las obras.
- Mecánica de Suelos (prospecciones y ensayos).
- Estudios de ingeniería básica que consideren:
 - o Geología.
 - o Geotecnia.
 - o Hidráulica del proyecto.
 - o Hidrología (Estudio de crecidas y sedimentológicos, en el caso de embalses).
 - o Estudios sísmicos.
 - o Análisis de estructuras y equipamientos componentes.
- Estudios para hidrogenación y otras reutilizaciones.
- Escenarios de proyecto.
- Diseños preliminares.
- Interferencias.
- Estudio de expropiaciones o servidumbres de paso.
- Identificación (o validación) de las alternativas de solución, concepción general, su lógica y estructuras y equipamiento componentes.
- Aspectos agronómicos
- Agro clima y suelos.
- Cartografía.
- Sistema de producción.
 - o Tenencia de la tierra y capacidades empresariales.
 - o Uso del suelo.
 - o Niveles de tecnología.
 - o Situación actual de rendimientos y rentabilidad.
 - o Caracterización económica de la producción.
- Potencialidades agro productivas (clima, suelo, mercados).
- Plan de Desarrollo Agrícola.
- Inversiones intraprediales.
- Situación futura: superficie y producción.
- Entorno agro económico
- Mercados, fuentes y modos de agregación de valor, agroindustria.
- Aprovisionamiento de insumos y servicios.
- Apoyo técnico y financiero.
- Evaluación agro-económica.
- Organización de regantes.
- Organizaciones de productores.

- Aspectos medio ambientales²

Para definir las consideraciones ambientales de cada alternativa del proyecto se desarrollará un Estudio de Análisis Ambiental y Territorial (EAAT). Para ello se definirá el Perfil Ambiental y Territorial: Descripción general del proyecto e identificación y descripción de actividades y obras que podrían causar impacto sobre los componentes y factores ambientales y territoriales en las etapas de construcción y explotación. Los ámbitos de impacto a considerar son: medio físico, medio biótico, medio socio económico y cultural, y ordenamiento territorial (uso del suelo actual, planes reguladores, infraestructura, etc.).

Se relacionarán y describirán los potenciales impactos identificados en el Perfil Ambiental y Territorial con cada alternativa, su área de influencia, las actividades del proyecto y sus etapas.

En lo posible, se deberá valorar el impacto de acuerdo a:

- Gravedad del Impacto (Grave, Regular o Leve),
- Efecto (positivo o negativo),
- Incidencia (Directa o Indirecta),
- Temporalidad (Temporal o Permanente),
- Reversibilidad (Reversible o Irreversible),
- Recuperabilidad (Recuperable o Irrecuperable) y
- Extensión (Limitado o Extenso).

Desarrollo de las alternativas de solución

El estudio de Prefactibilidad del Proyecto de uso múltiple del recurso hídrico requiere de dos categorías de análisis:

- Optimización de la Situación Actual y
- La evaluación técnica y económica de las alternativas de Solución

- Optimización de la Situación Actual

La evaluación del proyecto se determina en base a los flujos de costos y beneficios, originados al comparar las situaciones sin y con proyecto. La situación sin proyecto corresponde a la situación actual optimizada, la cual se logra mediante la incorporación de los proyectos que ya se ha decidido su ejecución; mediante obras de inversión menores o marginales; y la aplicación de medidas de gestión, que mejoren las condiciones de operación y de servicio de la infraestructura. Esto se refiere a realizar cambios en las reglas de operación de un embalse, mejoramiento en la eficiencia de ciertos puntos estratégicos, etc.

En resumen, en esta sección, se debe describir claramente la situación actual y la situación adoptada sin proyecto. En muchos casos la "situación optimizada" implica incurrir en costos adicionales con respecto a la situación actual, los que requerirían también de una evaluación antes de ser realizados. Es decir, se debe

² "Manual de Gestión Ambiental, Territorial y Participación Ciudadana para Proyectos de Infraestructura" DOH. Abril 2002.

comprobar que lo que se propone como "situación actual optimizada" es mejor para el país que la situación actual.

- Evaluación Técnica y Económica de las Alternativas

El estudio de prefactibilidad analizará las alternativas de proyectos de uso múltiple del recurso hídrico primariamente factibles (técnicamente posibles) identificadas en la etapa de perfil, enfatizando en el estudio de los aspectos de viabilidad técnica, legal y medioambiental de ellas, dando respuestas consistentes a los aspectos críticos identificados en cada ámbito de análisis y que inciden en la eficiencia de operación, en los costos y en la rentabilidad de las alternativas definidas.

Las alternativas de proyecto multiuso se evalúan económicamente de acuerdo con lo expuesto en el Capítulo 4, y se determina el grado de bondad de cada una de las opciones seleccionadas en la etapa de perfil, para compararlas y ordenarlas de acuerdo con su rentabilidad, estableciéndose así cuáles merecen un estudio más profundo y cuáles se descartan³. Se deben estudiar y describir todas las alternativas que den solución al problema en análisis, que sean técnicamente factibles de realizar y que se enmarquen en las políticas del sector vigentes a la fecha, explicando sus características principales, los costos de inversión y operación, las ventajas y desventajas.

Dichas alternativas surgen del conjunto de estudios específicos por área técnica, que apuntan a resolver la brecha existente entre la demanda de agua de riego del área del Proyecto y la situación actual y potencial en términos de satisfacción de dicha demanda, lo cual supone:

- El análisis del sistema de producción y de los recursos naturales y técnicos en que se sustenta, así como de
- La modelación y diseño de las soluciones hidráulicas que satisfacen la demanda de riego de dicha área.

De lo anterior se derivan alternativas de solución, cuya expresión integrada adopta la forma de alternativas de proyectos.

Cada alternativa de solución debe ser evaluada en forma separada, en la medida que sean subproyectos separables, pues puede ocurrir que los costos actualizados incurridos al implementar alguno de los subproyectos, sean mayores a los beneficios actualizados que reporta.

Dichas alternativas deben integrar el análisis de:

- La factibilidad constructiva.
- Soluciones de eficiencia desde el punto de vista de la ingeniería de las soluciones.
- La utilización y reutilización multisectorial del recurso hídrico (generación hidroeléctrica y otros), y

³ Requisitos de Información para Proyectos. MIDEPLAN. SNI.

- Los impactos y sustentabilidad medioambiental de ellas.

El resultado de la evaluación técnica y económica de las alternativas es una recomendación en relación a la mejor de ellas.

En el Capítulo 4 del presente manual se desarrolla en detalle la metodología de evaluación socioeconómica de proyectos hidráulicos.

3.1.2. Antecedentes de gestión

Uno de los elementos a estudiar son los aspectos legales del proyecto y en especial lo relacionado con el estado de utilización de Derechos de Aprovechamiento de Aguas (DAA) y constitución de Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA).

En la etapa de Prefactibilidad se propone que se realice un diagnóstico acerca del estado de la gestión del recurso hídrico. Se propone que se haga un análisis acerca de:

- Evaluación del estado legal de los DAA: usos del recurso hídrico, tanto legal como ilegal.
- Evaluación del estado legal de los DAA: grado de perfeccionamiento y de regularización de los DAA individuales.
- Catastro acerca del estado de las OUAS, identificando el número de ellas organizadas formal e informalmente.

Regularización de DAA

En esta etapa de Prefactibilidad y en relación a la gestión administrativa, es necesario determinar el interés por las obras de parte de los regantes. Si no hay interés, entonces será necesario reestudiar para ajustes y reconsideraciones futuras. Si existe interés, se realiza el diagnóstico legal de los usos de las aguas para evaluar el estado de los DAA y de las OUA, a fin de determinar la necesidad de sanear, regularizar y/o perfeccionar dichos derechos.

Para determinar el estado de los DAA, se debe contrastar la información del Registro de comuneros original de la OUA con las inscripciones en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente, para el caso de las OUA organizadas legalmente. En Organizaciones que funcionan de hecho, se debe revisar las inscripciones en el Conservador de Bienes Raíces competente, junto a los usos o extracciones que posea el canal estudiado.

Se entiende por Derecho de Aprovechamiento de Agua en Forma, aquél cuyo título, encontrándose debidamente inscrito en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces competente, cumple con la normativa dispuesta por el Código de Aguas, es decir, ha sido constituido válidamente por

acto de autoridad, saneado, regularizado o perfeccionado en conformidad a los procedimientos dispuestos para ello, y en definitiva, cumple con todos los requisitos exigidos por el dicho cuerpo legal.

Es necesario precisar que, según lo establecido en el artículo 118 del Código de Aguas, el Conservador de Bienes Raíces (CBR) donde debe realizarse la inscripción, es aquel con competencia en la comuna en que se encuentre ubicada la bocatoma del canal matriz en el cauce natural o donde se encuentre ubicado el embalse o pozo respectivo, pero si el embalse cubriese territorios de dos o más comunas, se debe inscribir en aquella donde se encuentre ubicada la obra de entrega.

Se entiende por Derecho de Aprovechamiento de Aguas Regularizado, aquél cuyo título proviene de una sentencia judicial dictada en conformidad a los procedimientos de regularización de derechos de aprovechamiento de aguas, regulados por los artículos 1º, 2º y 5º Transitorio del Código de Aguas.

Se señala como Derecho de Aprovechamiento de Aguas Perfeccionado, aquél cuyo título posee todas las características establecidas por el Código de Aguas, por haber sido complementado en conformidad al procedimiento dispuesto en el Reglamento del Catastro Público de Aguas, establecido por el Decreto Supremo N° 1.220 del año 1998, esto es, que se señale en unidad volumétrica por unidad de tiempo, si es de uso consuntivo o no consuntivo, de carácter permanente o eventual, continuo o discontinuo.

Para la inscripción de un derecho de aprovechamiento en el Catastro Público de Aguas de la DGA, es indispensable que éste cuente con las características antes indicadas.

A continuación se presentan los procedimientos de regularización y perfeccionamiento de DAA, según sea el caso:

i. Artículo 1º Transitorio: Derechos Inscritos

Este artículo se aplica en el evento que:

- El DAA esté inscrito pero que no se encuentre a nombre del actual titular porque en las transferencias se haya omitido la inscripción de alguno de los títulos.
- También puede ocurrir que esté inscrito en la escritura de Constitución de la Organización de Usuarios (Asociación de Canalistas o Comunidad de Aguas). En caso que haya sido decretado por el Juez (Judicial) o la DGA (Voluntaria) y que el accionista esté claramente individualizado y señaladas el número de acciones. En este caso se invoca el Art. 88 del Reglamento del Registro Conservatorio de Bienes Raíces a propósito de la sub inscripción. Se ha discutido esta última forma de regularizar ya que se entiende que es una facultad del CBR y por tanto no estaría obligado si él considera que no procede.

En estos dos casos se realiza una minuta y se adjunta a ella la documentación que prueben los hechos.

En resumen los pasos a seguir son:

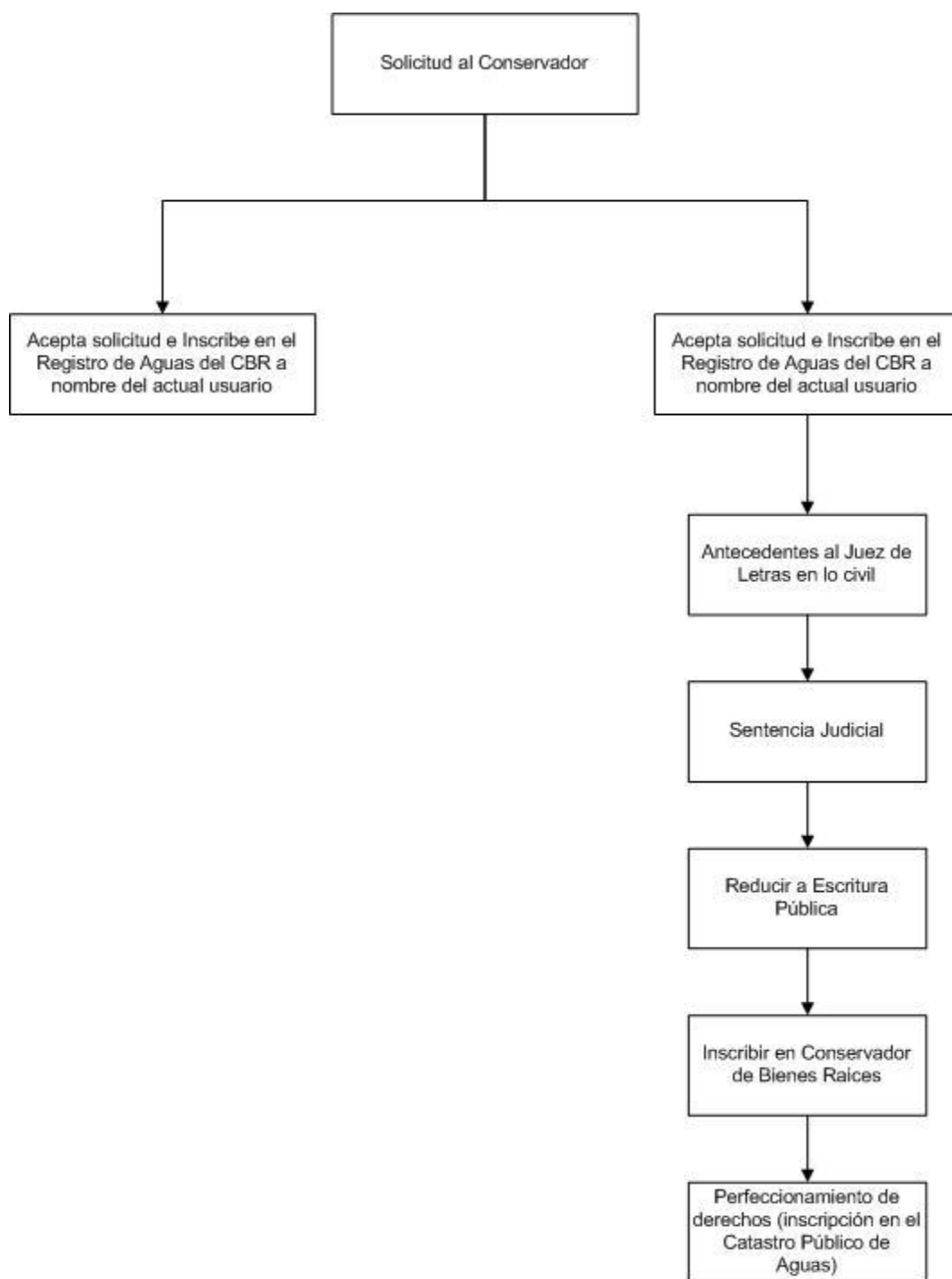
- a. Estudio de títulos, que implica la revisión en el CBR de todas las inscripciones individuales hasta el usuario actual.
- b. Preparación de la solicitud, su presentación e ingreso al CBR.
- c. Inscripción de cada uno de los títulos.

En caso que el CBR no proceda a inscribir, se debe solicitar al Juez de Letras en lo Civil competente que la ordene, se aplica el procedimiento especial Sumarísimo, que tiene una demora más menos de 60 días contados desde el ingreso al tribunal.

Los pasos que se siguen judicialmente son:

- a. Estudio de títulos, que implica la revisión, en el CBR, desde inscripción individual hasta usuario actual.
- b. Obtención de la Copia autorizada de los títulos que se encuentren inscritos en el registro de aguas del Conservador de Bienes Raíces o aquellas que señalan los derechos en las inscripciones de los predios y los antecedentes de aquellos que no lo estén, pero que permitan establecer un secuencia de las transferencias del o los DAA.
- c. Preparación de la solicitud al Tribunal.
- d. Estudio de antecedentes por parte del Juez y la solicitud de la comparecencia del Conservador de Bienes Raíces respectivo o su informe en derecho.
- e. Sentencia.
- f. Reducción de la Sentencia a escritura pública.
- g. Inscripción en el Registro de Aguas del Conservador de Bienes Raíces correspondiente.

Figura 8. Regularización Primero Transitorio



Fuente. Elaboración propia, 2010.

ii. Artículo 2º transitorio: Derechos inscritos y no inscritos

Es aplicable a aquellos DAA extraídos individualmente de fuentes naturales, cuando no están inscritos (uso histórico) o aquellos que estén siendo utilizados por una persona distinta de sus titulares inscritos, no existiendo títulos suficientes para acreditar el traspaso de la propiedad en conformidad con lo descrito en el punto i. anterior. Deben cumplir además con los siguientes requisitos:

- Que las aguas estén siendo utilizadas al año 1981 por personas distintas a las inscritas.
- Uso por a lo menos 5 años ininterrumpidos y sin reconocer dominio ajeno.
- Libre de clandestinidad o violencia.

Se lleva la solicitud a la DGA y en conjunto con los antecedentes, luego debe publicarse dentro de 30 días desde la presentación, en el diario Oficial y en un diario local.

A partir del día 30, contados desde la publicación, se hayan o no presentado oposiciones, se remiten los antecedentes al juez de letras en lo civil competente para que conozca mediante procedimiento Sumario, acompañando un informe preparado por la DGA.

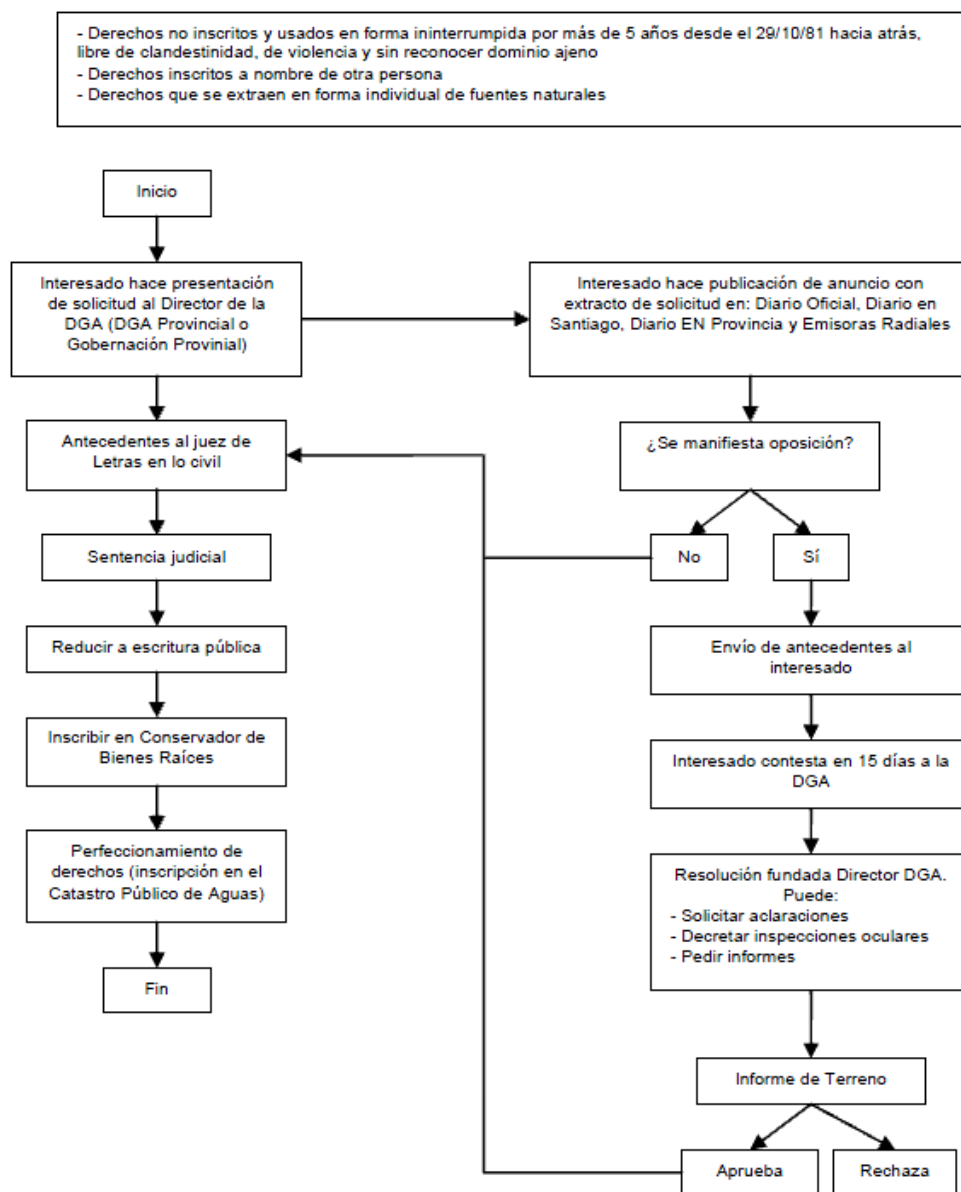
Los trámites a seguir son:

- a. Preparación del escrito de solicitud de regularización y su extracto.
- b. Reunión de los antecedentes que acrediten los requisitos del artículo 2º Transitorio del CDA.
- c. Publicación en el Diario Oficial.
- d. Publicación Diario de circulación Nacional y provincial.
- e. Radiodifusión en conformidad con el artículo 131 del CDA.

La DGA remitirá los antecedentes al Tribunal respectivo, los pasos a seguir por el tribunal son:

- a. Ingreso a tribunal.
- b. Notificación personal a las partes.
- c. Comparendo.
- d. Auto de prueba.
- e. Probatorio: en esta etapa se solicita informe a la DGA y peritajes.
- f. Sentencia.
- g. Reducción de la Sentencia a escritura pública.
- h. Inscripción de la escritura pública en el Catastro Público de Aguas de la DGA.
- i. Inscripción en el Registro de Aguas del CBR respectivo.

Figura 9. Regularización Segundo Transitorio



Fuente. Elaboración propia, 2010.

iii. Artículo 5° transitorio: derechos no inscritos aplicables para aquellos casos de predios expropiados total o parcialmente por la ex corporación de reforma agraria (CORA)

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) determina los derechos proporcionales al predio y emite una Resolución Exenta, debe publicarse un extracto de ésta en el

Diario Oficial, reducirse a escritura pública en notaria e inscribirse en el Registro de Propiedad de Aguas del CBR respectivo.

iv. Otros casos

Puede darse el caso que estemos frente a títulos con vicios, simplemente no inscritos o ante la necesidad de realizar una o más Posesiones Efectivas, etc. que impliquen trámites establecidos en el Código Civil.

v. Perfeccionamiento

Finalmente es necesario establecer si el DAA se encuentra o no Perfeccionado. El procedimiento está establecido en el Reglamento del Catastro Público de Aguas, establecido por el Decreto Supremo N° 1.220 del año 1998, en los artículos 44 y siguientes del "Capítulo II: Del Perfeccionamiento de los títulos en que consten los Derechos de Aprovechamiento de Aguas".

El perfeccionamiento se debe realizar a través de un procedimiento judicial Sumario, establecido en el Título XI del Libro III del Código de Procedimiento Civil. Los pasos a seguir son:

- a. Preparación de la solicitud o demanda al Tribunal.
- b. Estudio de antecedentes por parte del Juez y la solicitud del Informe Técnico a la DGA.
- c. Sentencia.
- d. Reducción a escritura pública de la sentencia.
- e. Remisión antecedente a la DGA, para su inscripción en el Catastro Público de Aguas.
- f. Inscripción en el Registro de Aguas del Conservador de Bienes Raíces con jurisdicción.

3.1.3. Condiciones de Avance

• Condiciones de avance:

Para que el proyecto continúe a la etapa siguiente se tienen que cumplir los siguientes criterios técnicos y de gestión:

Antecedentes Técnicos.

- Rentabilidad positiva de la(s) alternativa(s) evaluadas.
- Aprobación del Estudio de Prefactibilidad por la Comisión Nacional de Riego.
- Recomendación de MIDEPLAN a la Etapa de Factibilidad con base en los antecedentes técnicos y económicos del Estudio de Prefactibilidad aprobado por la Unidad Técnica.

Antecedentes de Gestión.

- Interés por el proyecto de parte de los potenciales beneficiarios.

- Nómina de los derechos de aprovechamiento de aguas y de los predios que se afectarán por la ejecución del proyecto.
- Nómina de las Organizaciones de Usuarios del Agua beneficiarias del proyecto.
- Situación legal de las Organizaciones de Usuarios de Aguas.
- Situación legal de los derechos de aprovechamiento de aguas.

- **Condiciones de rechazo**

El proyecto puede ser rechazado si alguna de las siguientes condiciones no está satisfecha:

Antecedentes Técnicos.

- Rentabilidad negativa de la(s) alternativa(s)
- Reprobación del Estudio de Prefactibilidad por parte de la Comisión Nacional de Riego
- Desactualización del estudio en los casos que éstos tengan más de 5 años de vigencia.

Antecedentes de Gestión.

- No existe interés de los potenciales beneficiarios.
- No se cuenta con el diagnóstico acerca de los usos legales e ilegales del recurso hídrico
- No se cuenta con el catastro de OUA que funcionan organizadas formal e informalmente.
- No se cuenta con el diagnóstico del grado de regularización y de perfeccionamiento de derechos individuales.

- **Recomendaciones de ajustes para reconsideración futura**

Si el proyecto es rechazado, se proponen los siguientes pasos para reconsideración futura:

- Priorizar los proyectos y definir un cronograma factible de ejecutar con base en los marcos presupuestarios históricos, de tal manera que los estudios no pierdan vigencia, de acuerdo a la restricción dada por MIDEPLAN (vigencia de 5 años).
- Analizar tamaño del proyecto a fin de incorporar optimizaciones que consideren menores costos de inversión y cultivos de mayor rentabilidad.
- Generar medios efectivos de verificación de la disposición de los regantes a participar positivamente en la materialización del proyecto.
- Fortalecer el diagnóstico y catastro del estado legal de los DAA.

- **Condiciones de rechazo definitivo del Proyecto**

Finalmente, el proyecto puede ser rechazado en forma definitiva y no considerar otra etapa de desarrollo, con lo cual es desechado.

- Falta de interés de los regantes.
- Proyecto no factible técnica y/o económicamente.

3.2. Recomendación de proyectos para Factibilidad

En esta etapa, se propone que la Comisión Nacional de Riego presente al Consejo de Ministros la cartera con los proyectos que cumplan con los criterios definidos previamente para avanzar a la etapa de Factibilidad priorizados según VAN, acompañados de otros indicadores socioeconómicos (IVAN, TIR, etc.) que serán entregados a la Dirección de Obras Hidráulicas.

El Consejo de Ministros podrá hacer modificaciones a la priorización de proyectos entregada por la CNR basado en criterios de interés público no incorporados en la evaluación socioeconómica del proyecto, como soberanía geopolítica, intereses étnicos u otros.

En cualquier caso, la Dirección de Obras Hidráulicas recibirá una cartera de proyectos priorizados con todos los antecedentes técnicos y de gestión por parte de la Comisión Nacional de Riego para que desarrolle los estudios de factibilidad de dichas iniciativas.

Se propone que este procedimiento se realice durante el primer trimestre de cada año.

3.3. Etapa de Factibilidad

3.3.1. Antecedentes técnicos

Evaluación técnica y económica en detalle, que comprende las siguientes actividades y antecedentes:

Estudios específicos por áreas técnicas

En esta etapa se considera básicamente los estudios geológicos-geotécnicos de los sitios preliminares de emplazamiento de las obras, presa y obras anexas en el caso de embalses.

Lo anterior se complementa con estudios preliminares de ingeniería, tales como: recursos hídricos, análisis de crecidas, topografía, tipo de presa, características, diseño preliminar y valorización, modelo de operación, seguridad de riego y análisis del estudio agro económico, realizado en el estudio de Prefactibilidad por la Comisión Nacional de Riego.

Estos antecedentes se plasman en las memorias de cálculo hidráulico y estructural, las cuales permiten comprobar que los anteproyectos de las obras cumplen con las normas establecidas, las buenas prácticas de la ingeniería y otras exigencias del contrato. Las memorias de cálculo deben permitir visualizar

con claridad y seguir la forma en que se han planteado y resuelto los problemas inherentes a cada especialidad.

En todas las etapas del proyecto se considera la Participación Ciudadana (PAC), cuyo objetivo general es integrar a la comunidad, autoridades y servicios relacionados al desarrollo del proyecto, ya sea a través de consultas, talleres de trabajo u otras actividades que permitan, por una parte, informarles de los objetivos y avances del estudio y, por otra, recoger información, inquietudes, intereses y opiniones, incorporándolas en el estudio cuando sea técnica y económicamente factible. Para el desarrollo de esta actividad se dispone del documento "Manual de Participación Ciudadana en proyectos de Infraestructura, SEMAT- MOP, 2008".

Definición de alternativas de proyectos

Sobre la base de los resultados del Estudio de Prefactibilidad y los estudios técnicos requeridos, se definen las alternativas de solución que se analizan en esta etapa. De esta forma es posible valorizar con mayor precisión los costos de inversión de las obras y sus costos de operación y mantenimiento.

Para la estimación de los beneficios esperados de cada alternativa, se realiza un estudio agro económico, que defina la situación actual agropecuaria y una proyección de la misma en la situación con proyecto, en un horizonte de 30 años.

Las alternativas corresponderán básicamente a tamaño y ubicación de las obras, lo que implica definir áreas factibles de regar en cada alternativa.

Análisis de red de distribución e hidrogenación y otras obras anexas

Adicionalmente a las obras de regulación, si corresponde, se realiza este estudio el cual consiste en un análisis preliminar del estado en que se encuentra la red de canales de riego existente, por sectores, y de las necesidades de mejoramiento y/o ampliación para posibilitar la incorporación de nuevas superficies de riego, con el propósito de definir las obras que permitan una óptima operación del o los sistemas de distribución, de esta forma se espera lograr mejorar las condiciones del riego en el área relevante.

Asimismo, definir la factibilidad técnica y conveniencia económica de la generación de energía hidroeléctrica, a través de una minicentral.

En este último propósito corresponde realizar un análisis preliminar de todos los usos factibles de generar beneficios. En el caso específicos de analizar las posibilidades de desarrollar una mini central hidroeléctrica, se deberán contemplar aspectos tales como ubicación, capacidad, tipo y número de turbinas, junto con las limitaciones relativas a altura neta máxima y mínima y caudal mínimo de operación, trazado línea de alta tensión, punto de conexión al sistema, etc.

Evaluación socioeconómica de proyectos

Consiste en realizar un estudio agroeconómico para cada alternativa, con lo cual se estiman los beneficios de las mismas. Respecto a los costos mencionados en el punto anterior, para cada alternativa, se procede a la corrección de los precios de mercado por los factores informados anualmente por MIDEPLAN.

Como resultado de esta actividad, se obtienen los indicadores de rentabilidad de cada alternativa, lo cual permite definir la alternativa óptima de solución. Dicha alternativa deberá ser factible técnicamente y económicamente, pero con la debida participación y aceptación de los beneficiarios y de la ciudadanía.

En el Capítulo 4 del presente manual se desarrolla en detalle la metodología de evaluación socioeconómica de proyectos hidráulicos a aplicar.

Estudio de análisis ambiental

Bajo el cumplimiento de la legislación ambiental vigente y política ambiental del MOP, se incorpora el estudio y análisis ambiental de las obras en función de su influencia e impacto sobre los medios físico, biótico y humano, con el fin de generar los planes de manejo ambiental y las medidas de mitigación que den cumplimiento a la normativa ambiental vigente.

Este tipo de estudio tiene por objeto analizar los diferentes elementos ambientales asociados a las obras y/o acciones del proyecto de ingeniería, de modo de dar cumplimiento a los siguientes objetivos generales:

- Analizar las temáticas ambientales asociadas a las obras y actividades del proyecto, definiendo los correspondientes análisis y medidas ambientales preliminares.
- Decidir la pertinencia de sometimiento del proyecto, actividades o alguna de sus partes, o de la solución definitiva seleccionada, al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, e identificar y recomendar justificadamente, el tipo de instrumento que debería desarrollarse a futuro para este fin, de acuerdo al análisis de los artículos del Reglamento DS N°95/2001 respectivos y según el instructivo del Ministro de Obras Públicas ORD 1448 del 21 de junio de 2006.
- Estimar los costos preliminares de todas las medidas y estudios de los planes de manejo ambiental, medidas de cumplimiento de normativa ambiental y seguimiento ambiental.

3.3.2. Antecedentes de gestión

Integración de la ciudadanía con el proyecto

Es el proceso de integración necesario para el desarrollo del proyecto, ya sea a través de entrevistas, talleres de trabajo, encuestas u otras actividades que permitirán, por una parte, informarlos de los objetivos y avances del estudio, y por otra, recoger información, inquietudes, intereses y opiniones, incorporándolas en el estudio cuando sea técnica y económicamente factible.

En primer lugar, se debe identificar a los actores relevantes, tanto comunitarios como institucionales. Se recomienda convocar, en términos comunitarios, preferentemente a líderes o dirigentes de organizaciones de riego, de comités de agua potable rural y de juntas de vecinos.

Con el conocimiento obtenido en la interacción con la comunidad, se estará en condiciones de identificar aspectos que facilitarán o dificultarán el desarrollo futuro del proyecto, así como proponer un plan de Participación Ciudadana (PAC) que considere las actividades necesarias, para ser desarrollado en las etapas siguientes.

Es preciso tener en cuenta que se deberá obtener la manifestación por escrito de al menos el 33% del aumento de las disponibilidades de agua o de los nuevos terrenos a regar, para que el proyecto pase a la fase de diseño de acuerdo a los requerimientos del Art. 3 del DFL 1.123. Además, deberán estar constituidas las organizaciones de usuarios: Asociación de Canalistas y Juntas de Vigilancia.

Participación ciudadana

La Participación Ciudadana⁴ (PAC) en los proyectos de infraestructura es una orientación que facilita el diálogo entre el Estado y las personas para que los proyectos respondan efectivamente a lo que la sociedad necesita, así como para que exista mayor transparencia y fiscalización de la gestión del Estado por parte de la ciudadanía.

Constitución de organizaciones de regantes (Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y/o Comunidades de Aguas)

Se desarrolla un diagnóstico detallado de las organizaciones ligadas a la distribución del recurso hídrico en el área de estudio, tanto si son de hecho o de derecho, normalmente serían; Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Agua.

Además, se realiza un catastro de las organizaciones, con detalle de su constitución legal, domicilio, nombre de directivos y modalidad operacional del sistema actual. Se pone especial atención al recurso agua que administran,

⁴ Para las reuniones se considerarán los aspectos metodológicos descritos en la "Guía para el desarrollo de reuniones de difusión de proyectos DOH", mayo 2008 de la Unidad de Participación Ciudadana de la DOH, así como el Manual Participación Ciudadana para iniciativas del Ministerio de Obras Públicas, SEMAT- MOP, 2008

verificando la situación legal de los derechos de aprovechamiento de aguas, si hay derechos inscritos y si éstos son de la comunidad o de usuarios individuales.

Al término de la etapa de factibilidad se espera que, a lo menos, la Junta de Vigilancia esté legalmente constituida e inscrita en el Catastro Público de Aguas. En el caso de comunidades de aguas y asociaciones de canalistas, se espera que el proceso de constitución legal esté iniciado.

Comienzo de perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento de aguas

Normalmente esto se realiza a nivel de diagnóstico y apoyo a la coordinación interinstitucional que permita el perfeccionamiento de esos derechos. Se propone que al término de la etapa de factibilidad, el proceso de perfeccionamiento de derechos individuales esté iniciado.

Caso especial de embalses en seco con nuevos derechos

En este caso es posible que no existan organizaciones y corresponderá hacer un diagnóstico de las posibles organizaciones de usuarios del agua a constituir por lo que, en las convocatorias comunitarias para difusión del Proyecto, se deberá informar sobre deberes y derechos de una Organización de Usuarios del Agua y cómo se conforman éstas.

3.3.3. Condiciones de Avance

- **Condiciones de avance:**

Para que el proyecto continúe a la etapa siguiente se tienen que cumplir los siguientes criterios técnicos y de gestión:

Antecedentes Técnicos.

- Rentabilidad positiva de las alternativas evaluadas.
- Aprobación del Estudio de Factibilidad Técnica por la Dirección Nacional de Obras Hidráulicas.
- Recomendación de MIDEPLAN a la Etapa de Diseño con base en los antecedentes técnicos y económicos del Estudio de Factibilidad aprobado por la Unidad Técnica.

Antecedentes de Gestión

- Aprobación de la PAC con, al menos, el acuerdo de resolver temas de interés en la siguiente etapa.
- Interés de los regantes, formalizado por, al menos, un 33% de acciones.
- Conformación de, a lo menos, Junta de Vigilancia.
- Perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento de aguas iniciados.

- **Condiciones de rechazo**

El proyecto puede ser rechazado si alguna de las siguientes condiciones no satisfacen está satisfecha:

Antecedentes Técnicos.

- Rentabilidad negativa de las alternativas evaluadas.
- Reprobación del Estudio de Factibilidad Técnica por la Dirección Nacional de Obras Hidráulicas.
- Desactualización del estudio en los casos que éstos tengan más de 5 años de vigencia.

Antecedentes de Gestión.

- No existe interés de los regantes.
- No se constituyó la Junta de Vigilancia.
- No se inició el perfeccionamiento de derechos.

- **Recomendaciones de ajustes para reconsideración futura.**

Para que los proyectos rechazados vuelvan a ser considerados se deben dar ciertas condiciones.

- Priorizar los proyectos y definir un cronograma factible de ejecutar con base en los marcos presupuestarios históricos, de tal manera que los estudios no pierdan vigencia, de acuerdo a la restricción dada por MIDEPLAN (vigencia de 5 años).
- Analizar tamaño del proyecto a fin de incorporar optimizaciones que consideren menores costos de inversión y cultivos de mayor rentabilidad.
- Generar medios efectivos de verificación de la disposición de los regantes a participar positivamente en la materialización del proyecto.

- **Condiciones de rechazo definitivo del Proyecto**

Finalmente, el proyecto puede ser rechazado en forma definitiva y no considerar otra etapa de desarrollo, con lo cual es desechado.

- Falta de interés de los regantes.
- Proyecto no factible técnica y/o económicamente

3.4. Definición de Modelo de Financiamiento

En esta etapa, se propone que la Dirección de Obras Hidráulicas junto con la Comisión Nacional de Riego presenten al Consejo de Ministros la cartera con los proyectos que cumplan con los criterios definidos en la etapa de Factibilidad para avanzar a la etapa de diseño, y que el Consejo de Ministros determine si el proyecto continúa vía el Modelo de Ejecución de Grandes Obras Hidráulicas con Capacidad de Generación o si se desarrolla a través de DFL 1.123 o la Ley de Concesiones.

Resulta fundamental esta decisión del Consejo de Ministros, porque determina si los privados financiarán los estudios posteriores de diseño y ejecución en el caso de desarrollar el proyecto vía Modelo de Ejecución de Grandes Obras Hidráulicas con Capacidad de Generación, o si el Estado debe financiar dichas etapas, si se considera desarrollar el proyecto vía DFL 1.123 o la Ley de Concesiones.

Se propone que este procedimiento se realice durante el primer trimestre de cada año.

3.5. Diseño Proyectos vía DFL 1.123 o vía Ley De Concesiones

3.5.1. Antecedentes técnicos

Memorias Técnicas

Corresponden a los documentos que respaldan los análisis y cálculos de las distintas especialidades que se presentan en los diseños de las obras, como por ejemplo: cálculo estructural, análisis geológico, estudios y análisis geotécnico, cálculos hidrológicos, hidráulicos, etc.

Planos de Obras

Son los documentos gráficos, a escala, que contienen la información necesaria para la construcción de la obra. Indican ubicación, formas y medidas y cuadros de cubicaciones por material de las obras a realizar.

Especificaciones Técnicas Generales y Especiales

Son el conjunto de características técnicas que deberá cumplir la obra. Las Generales, se refieren a aquellas asociadas a la normativa general de construcción de obras y materiales. En cambio las Especificaciones Especiales, se refieren a aquellas características y requisitos asociadas a partidas de obras puntuales, o a exigencias técnicas particulares relacionadas con procedimientos o materiales no habituales.

Planos y Antecedentes Expropiatorios:

Corresponden a los documentos gráficos y legales que presentan los terrenos y/o bienes que el proyecto interfiere y que se requiere enajenar para poder materializar las obras.

Presupuesto de Obras:

Listado detallado que presenta las cantidades, precios unitarios y precio total previsto para la obra, asociado a un valor de moneda específico.

Programas de Construcción:

Muestra la secuencia temporal del contrato, desglosado en sus partidas de obras o etapas o hitos especiales que se pudieran definir.

Estudio o Declaración de Impacto Ambiental y Análisis Complementarios

Estudios que identifican una situación base (sin considerar la obra) y una situación con Proyecto y que proponen reposiciones, mitigaciones y/o compensaciones por los impactos ambientales y territoriales que el proyecto produce al ser ejecutado, durante su etapa de operación y, de ser necesario, su posterior abandono.

Actualización de la Evaluación Económica del proyecto y/o sus Análisis ambientales (revisión y reformulación del Proyecto si fuesen necesarios para la RCA)

Debido a que en el diseño se determina el costo de la obra, de las medidas ambientales y de operación, con mayor precisión que en la factibilidad, se incluye al final de la etapa de diseño una actualización de la evaluación económica del proyecto conforme a estos costos, incluyendo los de expropiaciones.

3.5.2. Antecedentes de gestión

Difusión y Participación Ciudadana fuerte:

En la etapa de diseño se realiza un trabajo de difusión y participación para ver el componente ambiental, social y territorial, desde una perspectiva propia, única y ajustada a las características de la comunidad usuaria, beneficiaria y/o afectada por el proyecto. Esto permite incluir tanto los aportes que la comunidad pueda efectuar, para consolidar las características del proyecto, como el conocimiento del proyecto por parte de la comunidad.

Negociación previa (estimación de la Capacidad de pago por la obra de parte de los regantes):

Conforme a lo estipulado en la Ley 1.123, conocidos los costos, se efectúa una actualización del estudio financiero, orientado a definir capacidades de pago por las obras de parte de los usuarios beneficiados. Considera la estratificación predial de los beneficiarios y proposición de diversos escenarios de subsidio para ser presentados al Consejo de Ministros.

Continuación del proceso de perfeccionamiento de derechos de aprovechamiento de aguas

A través de las organizaciones existentes, tales como Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y Comunidades de Aguas u otras Organizaciones

locales, se informa a la comunidad beneficiaria del estado de avance del proyecto y se comunican mecanismos de acción concreta que entrega el Estado (bono legal de aguas y otros beneficios de INDAP y CNR), que permitan regularizar la tenencia de derechos de agua y/o de propiedades agrícolas, para poder ser beneficiarios del proyecto. En caso que el proyecto genere nuevos derechos de aprovechamiento, se deberá sugerir un listado con la distribución de estos nuevos derechos entre los usuarios beneficiarios.

Estado de avance de la constitución de Junta de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y/o Comunidades de Aguas

En caso que el proyecto requiera nuevas organizaciones de usuarios, la comunidad beneficiaria solicitará a las Oficinas Regionales de la DGA información sobre la tramitación de sus solicitudes de constitución de Junta de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y/o Comunidades de Aguas.

3.5.3. Vigencia de la Conveniencia Técnico Económica del Proyecto

Vigencia Técnica

El proyecto de diseño se realiza conforme a un criterio técnico vigente y asociado a un grupo beneficiario. Por tanto, si no se ha ejecutado la obra transcurrido un período de 5 años de terminada la etapa de diseño (que dicta MIDEPLAN), éste debe actualizarse técnicamente, considerando el estado del arte de la ingeniería asociada, además del área beneficiada y/o afectada, incluyendo interferencias que pudieran aparecer en dicho período. Un motivo para la no ejecución pronta del proyecto puede ser la falta de los recursos en el instante por distintas situaciones del país.

Vigencia Económica

Dado que el presupuesto de las obras está asociado a un valor de moneda y al diseño, cualquier modificación técnica deberá ser actualizada en los costos involucrados. Incluso, aún cuando no exista ninguna modificación técnica, por el sólo hecho de transcurrir un período de a lo menos 5 años, se requiere una actualización de la moneda, tomando particular consideración cuando existen partidas en moneda extranjera.

Además, transcurridos 5 años, si la obra no se ha ejecutado, deben actualizarse los beneficios asociados al proyecto, ya que en ese lapso de tiempo, pueden haber cambiado los usos de suelos, las condiciones de mercado, los requerimientos de los usuarios, etc.

Vigencia Medioambiental

El proyecto de diseño debe cumplir con las regulaciones ambientales vigentes, por lo cual transcurrido un período de 5 años, se debe validar la componente ambiental del proyecto.

Vigencia de las condiciones necesarias de gestión

El proyecto está dentro de un marco legal, social y territorial, de modo tal que si las condiciones de alguno de esos marcos cambian, el proyecto de diseño deberá adecuarse a las nuevas condiciones y ser presentado a los usuarios para su conformidad.

3.6. Aprobación del Proyecto por parte del Consejo de Ministros, Definición de Condición y Modalidad de Ejecución

3.6.1. Condiciones de aprobación o postergación del Proyecto para ejecución

Para que el Consejo de Ministros apruebe un proyecto para la etapa de ejecución, se requiere la existencia de una organización de usuarios interesados por el proyecto y las modelaciones que le permitan al Consejo decidir sobre la base de criterios técnicos las condiciones para seguir adelante con la obra.

Además, se requiere:

- Tener actualizado el proyecto de diseño con todas sus componentes (costos asociados, con definición de la parte reembolsable, plazos de ejecución, etc.).
- La Resolución de Calificación Ambiental.
- Catastro de Usuarios y su estratificación según los niveles de subsidio.
- Propuesta al Consejo de: subsidio global y ponderado por estrato, tasa de interés, plazo de reembolso de la parte no subsidiada.

Una vez que el Consejo de Ministros define las condiciones de financiamiento se procede a gestionar la firma de escrituras de compromiso de reembolso, conforme a lo establecido en el DFL 1.123.

El no cumplimiento de algunos de los requisitos mencionados, será causal de postergación del proyecto para su ejecución.

3.6.2. Definición de Condiciones de Ejecución; DFL 1.123 o Ley de Concesiones:

Para la ejecución de un proyecto vía DL 1.123, es requisito indispensable que la información del tamaño de propiedad y número de acciones de agua de los beneficiarios esté estratificada, se tenga RCA satisfactoria y se cuente con el

compromiso de reembolso de un porcentaje mayor al 50% de las acciones beneficiadas por el proyecto.

Cumplido lo anterior, el Consejo de Ministros definirá el porcentaje de subsidio, tasa de interés, plazos de reembolso, entre otros.

Para la ejecución de un proyecto vía Ley de Concesiones, se requiere tener definidos los siguientes aspectos:

- Modalidad de licitación (modelo vigente), conforme a dicha Ley: Puede ser tipo B.O.T (Build, Operate and Transfer), o bien DBOT (Design, Build, Operate and Transfer). Ambos sistemas comprometen la participación del sector privado en la construcción y explotación de la obra pública, de manera que una vez finalizado el plazo de concesión, el adjudicatario entregue la obra al Estado en condiciones óptimas con el fin de volverla a licitar.
- Modalidad de operación de la obra: operación multipropósito condicionada por cumplimiento de curva de entrega de derechos pertenecientes a los usuarios de la obra,
- Cumplimiento de requisitos por los cuales se adjudicará dicha licitación: Dependiendo del proyecto, podrá ser menor plazo de ejecución, menor porcentaje de subsidio solicitado, etc. Los procedimientos de esta modalidad están contenidos en la Ley de Concesiones de obras públicas.

Los aspectos antes mencionados junto con el proyecto, deberán ser presentados al Consejo de Concesiones, que es un órgano consultivo perteneciente al MOP que está encargado de informar al Sr. Ministro de Obras Públicas acerca de los tipos de proyectos y modalidades del régimen de concesiones, teniendo en cuenta la evaluación social aprobada por el organismo de planificación competente.

Cabe indicar que la creación de dicho Consejo fue incluida dentro de las indicaciones a la Ley N° 20.410 que modifica la Ley de Concesiones de Obras Públicas, firmada en diciembre del año 2009.

Por tanto, si un proyecto cumple con los requisitos antes mencionados y el Consejo de Concesiones opina favorablemente, se podrá plantear al Consejo de Ministros las condiciones finales de ejecución por la Ley de Concesiones.

3.6.3. Medidas Previas a la Construcción del Proyecto Mediante DFL 1.1237/1981

Para avanzar en la Ejecución o Construcción del proyecto se requiere tener resuelto los siguientes aspectos:

- Definición y adopción de las medidas gestiones presupuestarias para financiar la construcción del Proyecto.
- Condiciones económicas por parte del Consejo de Ministros de la CNR.
- Escritura de Compromiso de Reembolso por al menos el 50% de las acciones de agua.

3.7. Procedimiento de Escritura de Compromiso de Reembolso

Mediante la Escritura de Compromiso de Reembolso los beneficiarios de la obra se comprometen al pago de la parte no subsidiada por el Estado y, a su vez, el Fisco se obliga a la construcción de la obra y a ceder a los usuarios los derechos de aprovechamiento de aguas en proporción a los que estos poseen en el río.

Para postular al financiamiento sectorial de fondos para la ejecución de obras, se requiere disponer de los siguientes antecedentes:

- Diseño de Ingeniería de detalle aprobado por la DOH.
- Resolución de calificación ambiental favorable.
- Expropiaciones. Los resultados de la etapa de Diseño, en lo que dice relación con el Estudio de Expropiaciones, son: Estudio legal de los lotes a expropiar; Plano de planta y cuadro de expropiaciones (identificación de los lotes, superficies, roles, otros).
- Certificación de la Participación Ciudadana de parte del Director Regional o Nacional, que señale el proceso participativo para la iniciativa que se postula, indicando los acuerdos o compromisos que de allí emanaron. Conjuntamente con lo anterior, los términos de referencia para la licitación de las obras (documento que ha de acompañar la solicitud de financiamiento) deberán contemplar los acuerdos y compromisos adquiridos en los procesos participativos desarrollados, y que se consignan en el Certificado antes señalado.

3.7.1. Antecedentes de Gestión

Reuniones con Regantes

Se realizan presentaciones a la totalidad de las comunidades beneficiadas por la obra, respecto del marco jurídico y de las condiciones en que se efectúa el traspaso de los derechos y el procedimiento de cobranza de Tesorería. Se muestran ejemplos de valores a pagar por acciones de agua.

Entrevistas personales para aplicación de formulario

A todos los beneficiarios de la obra se les aplica un formulario encuesta, en el cual se registran los datos personales necesarios para la confección de la Escritura y la situación de los derechos de aprovechamiento que posee el beneficiario

(cantidad de acciones, regularizadas o no regularizadas), y el cálculo del monto de la deuda que adquiere el regante.

Elaboración de ficha con identificación de regantes

A partir de las reuniones participativas con cada comunidad beneficiaria de la obra, reitera que la obra se construyó bajo las disposiciones del DFL 1123 lo que implica que la cesión de derechos se debe hacer mediante una escritura pública o privada, suscrita ante Notario. Para su confección se requiere contar con los datos de identificación del regante y si es casado en sociedad conyugal también los del cónyuge, todo ello se consigna en una Ficha – Encuesta que se aplica a cada usuario y además se hace un cálculo de su deuda y se consigna la modalidad de pago por la que opta el regante (contado o crédito).

Confección Base de Datos Usuarios

Con la encuesta realizada, se confecciona una base de datos que contiene el estado civil, domicilio y los valores que debería reembolsar en proporción a los derechos que el usuario declara poseer en el río, ello permite hacer más expedito el proceso de confección y firma de las escrituras de compromiso de reembolso.

Revisión en Conservador de Bienes Raíces:

La DOH verifica en el Registro de Aguas del Conservador de Bienes Raíces que los derechos de aprovechamiento declarados por el regante efectivamente se encuentren inscritos a su nombre de manera que el Fisco pueda materializar la cesión de derechos. En caso contrario el regante firma una escritura de compromiso de reembolso y tiene un plazo fijado por el Consejo de Ministros para regularizar la situación de los derechos, en caso de no cumplir con dicho plazo el Fisco podrá rematar dichos derechos conforme a lo señalado en el Art 17 del DS N° 285.

Confección y Emisión de las Escrituras Individuales de Compromiso de Reembolso

Una vez obtenida la ficha – encuesta, se confecciona una base de datos para la emisión automática de las escrituras, según formato aprobado por el Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego. Pueden ser para persona natural o persona jurídica, modalidad de pago contado o crédito, con subsidio o sin subsidio (para el caso de los titulares de derechos de aprovechamiento cuyo uso no es agrícola por ejemplo mineras, sanitarias etc.). Una vez emitidas las escrituras se remiten a la Notaría según acuerdo que se adopte con el respectivo Notario. Con la base de datos ya finalizada se emiten las escrituras individuales de compromiso de Reembolso.

3.8. Ejecución de obras

3.8.1. Ejecución Vía DFL 1.123.

Antecedentes Técnicos

Revisión de los Antecedentes del Diseño del proyecto y sus obras anexas

El Departamento de Construcción de Riego de la Dirección de Obras Hidráulicas, hace una revisión de todos los antecedentes que recibe del Departamento de Proyectos de Riego, tales como planos, especificaciones técnicas, bases de medición y pago y presupuesto de la obra. De haber observaciones que atender, el primero devuelve los antecedentes al segundo para su corrección.

Proceso de Expropiaciones de terrenos:

Obtenidos los recursos financieros para la ejecución de la obra, el primer paso es la expropiación de los terrenos que la albergarán. Se contratan los peritos tasadores y, con la tasación hecha se notifica a los afectados, quienes podrán aceptar el precio, en cuyo caso se procederá a la confección de un convenio y a la toma de posesión material del lote o, en caso contrario, a la expropiación por la vía judicial.

Preparación de Bases de Licitación

El Departamento de Construcción de Riego, revisados los antecedentes que recibe del Departamento de Proyectos de Riego, solicita al Departamento de Contratos la publicación del llamado a licitación. Este último revisa los antecedentes y solicita autorización de la Publicación a la Dirección General de Obras Públicas.

En este proceso, se entregan los siguientes documentos a los oferentes:

Bases administrativas

Especificaciones técnicas

Bases medición de pago

Especificaciones técnicas ambientales

Planos generales y de detalle del proyecto

Condiciones de Prevención de riesgos laborales

En la Publicación se fijan las fechas, lugares de recepción y apertura de las Propuestas.

En los anexos complementarios se fijan fechas para recibir consultas y entregar las correspondientes respuestas, así como de la visita obligatoria a terreno que

deben realizar los Proponentes. Al mismo tiempo el Servicio realiza las Aclaraciones cuando corresponda.

Llamado a Licitación

De acuerdo con lo señalado en el Aviso del Llamado a Licitación, en las fechas en él indicadas se procede, en un acto solemne, a la recepción y apertura de los antecedentes técnicos y solamente recepción de la oferta económica, que será mantenida en custodia hasta la fecha de su apertura, si procede.

Análisis y Evaluación de ofertas

De la revisión de los Antecedentes Técnicos, resultarán los Oferentes que cumplan con los requisitos exigidos y se procederá en la fecha indicada a la Apertura de la Propuesta Económica. A los Oferentes que no cumplan, se les devolverá el sobre con la Propuesta Económica sin abrir, dejándose constancia en el Acta de Apertura correspondiente.

Adjudicación

Una vez abiertas las Propuestas se procede al Estudio y Revisión de los Antecedentes por parte de una comisión designada mediante Resolución, que propondrá la adjudicación del contrato, la que podrá corresponder a la oferta más baja.

Si la propuesta es aceptada por la Autoridad, se emite la Resolución de Adjudicación del Contrato correspondiente.

La Resolución de Adjudicación es enviada por la DOH a la Contraloría General de la República (CGR) para su revisión. En caso que se encuentren observaciones importantes se devuelve dicha Resolución sin tramitar. De lo contrario, se Toma Razón y la CGR remite la Resolución aprobada a la DOH.

Un día después que ingresa a la Oficina de Partes de la DOH la Resolución tramitada por Contraloría, comienza a regir el plazo legal de ejecución del Contrato.

Contrato de construcción de obras

Procedimiento para formalizar el inicio del contrato:

Dentro de 30 días de iniciado legalmente el contrato, la Empresa Contratista debe presentar al Departamento de Construcción de Riego los siguientes antecedentes:

Resolución de Adjudicación protocolizada ante Notario.

Boleta de Garantía de Fiel cumplimiento por el 5% del valor del Contrato.

Pólizas de Seguro contra todo riesgo de Construcción y por Responsabilidad civil por daños a Terceros.

Una vez que la Empresa Contratista ha Cumplido con la entrega de los antecedentes enumerados precedentemente se procede a la Entrega Oficial del Terreno donde se emplazarán las Obras

Entrega de Terreno

En el día fijado por el Servicio para la entrega de terreno, el Inspector Fiscal designado por la Dirección y la Empresa Contratista recorrerán el terreno donde se emplazarán las obras. En dicho acto se entregan al Contratista una Carpeta que contiene las Bases Administrativas, Especificaciones Técnicas, Planos, Libro de Obras, Libro de Anotaciones y se confecciona un Acta de Entrega de terreno firmada por todos los Asistentes a este Acto, dándose inicio real a la ejecución de las Obras.

Ejecución de las Obras

Una vez entregado en terreno donde se ejecutarán las obras, se inicia la Etapa de construcción con el llenado del Libro de Obras donde en la primera hoja se anotan todos los Datos principales del Contrato con sus fechas de inicio, término, nombre del Inspector Fiscal, Profesional Residente, Nombre de la Empresa Constructora.

Durante todo el desarrollo de las Obras las órdenes, observaciones y aprobaciones de las distintas Etapas del Contrato serán dadas por el Inspector Fiscal a través del Libro de Obras.

El Contratista deberá ejecutar las Obras dando estricto cumplimiento a las Especificaciones Técnicas, Bases Administrativas, Normas de Prevención de Riesgos, Normas Ambientales, Leyes Laborales y Normas Chilenas de Construcción.

En el Libro de Obras puede hacer anotaciones solamente el Inspector Fiscal. El Contratista y otros Profesionales del MOP que visiten las Obras y deseen efectuar observaciones lo deberán hacer en un Libro de Anotaciones existente para tal efecto en la Obra.

Para efectuar una adecuada Inspección, el Inspector Fiscal contará con una Empresa Consultora de Asesoría a la Inspección dotada de Profesionales Residentes, Laboratoristas, Expertos Profesionales en Prevención de Riesgos, Dibujantes, Encargados de Medio Ambiente y Personal de Apoyo que, velarán permanentemente por el Cumplimiento de los Requerimientos exigidos en el Contrato. Mensualmente el Inspector cursará los Estados de Pago (E de P) por el avance efectivo de las Obras. De dichos E de P se retendrá como garantía un 5% de su valor, hasta completar el 10% del valor del Contrato. Estas retenciones se devolverán al Contratista una vez efectuada la Recepción Provisoria del Contrato.

Término de las Obras

Terminadas las Obras, el Contratista comunica por escrito al Inspector Fiscal dicho término. Si el Inspector Fiscal verifica en terreno que las obras están terminadas y ejecutadas de acuerdo con lo contratado, solicita al Departamento de Construcción de Riego de la DOH, dictar la Resolución de Nombramiento de la Comisión de Recepción Provisoria del Contrato.

Recepción Provisoria

Una vez dictada la Resolución, la comisión tendrá un plazo máximo de 20 días para constituirse en terreno y verificar el fiel cumplimiento del Contrato.

Si la Comisión de Recepción Provisional encuentra observaciones, no se recibe la obra y le otorga un plazo a la Empresa Contratista para subsanar las observaciones. Una vez que el Inspector Fiscal informa el cumplimiento de las observaciones, se constituye nuevamente la Comisión para la recepción provisoria.

En caso que los trabajos efectuados estén de acuerdo con lo contratado se procede a firmar el Acta de Recepción Provisoria. Con esta Acta el Depto. de Construcción dicta la Resolución que aprueba el Acta de Recepción Provisoria y autoriza devolver las Retenciones que se efectuaron a través de los Estados de Pago. Transcurrido 12 meses de la citada Resolución se procede a la Recepción Definitiva.

Contratación Asesoría A La Inspección Fiscal

Preparación de Términos de Referencia:

Una vez publicado el llamado a licitación de la obra, se procede por parte de la DOH con la preparación de los antecedentes para el llamado a licitación de la Asesoría a la Inspección Fiscal. Los términos de referencia se elaborarán habida consideración de la complejidad de la obra, la que permitirá establecer el tipo y categoría de los profesionales que se requieren para acompañar a la Inspección Fiscal. Estos documentos son elaborados por la DOH.

Licitación de la Asesoría a la Inspección Fiscal:

Elaborados los términos de referencia, el Departamento de Construcción de Riego solicita al Departamento de Contratos de la DOH la publicación del llamado a licitación, el que procede a revisar los antecedentes y a solicitar autorización a la Dirección General para la Publicación. Esta se busca publicar de modo que su adjudicación se produzca ya conocido el contratista que ejecutará las obras, por cuanto el Consultor que se adjudique la Asesoría no puede tener relaciones comerciales con el contratista y se le exige una declaración jurada a este respecto.

Visita a terreno, Serie de Preguntas y respuestas, Aclaraciones, asesoría a la Inspección Fiscal:

Al igual que para el caso de la obra, a los proponentes de la Asesoría se les invita a una visita obligatoria a terreno y a efectuar las consultas que estimen pertinentes. Del mismo modo, la DOH emite las aclaraciones que sean necesarias.

Adjudicación Asesoría a la Inspección Fiscal:

Una vez abiertas las ofertas técnicas, se revisarán y calificarán en función de los parámetros y valoraciones establecidas en los términos de referencia, se establecerán las notas correspondientes y los proponentes a quienes se les abrirá el sobre propuesta económica. Hecho el procedimiento anterior, en la fecha estipulada en el aviso o en la modificada en las aclaraciones, se procederá a la apertura de las propuestas económicas de los consultores que hayan calificado y se calculará la nota final de cada uno, de acuerdo con los porcentajes establecidos en los términos de referencia para ponderar la excelencia técnica y el costo. La Asesoría a la Inspección Fiscal se adjudicará al Consultor que obtenga la mejor nota.

Toma de Razón, Adjudicación Asesoría a la Inspección Fiscal (CGR):

La Resolución de Adjudicación es enviada por la DOH a la Contraloría General de la República para su revisión. En caso que se encuentren observaciones importantes se devuelve sin tramitar dicha Resolución. De lo contrario se Toma Razón y la CGR remite la Resolución aprobada a la DOH. Un día después que ingresa a la Oficina de Partes de la DOH la Resolución tramitada por Contraloría, comienza a regir el plazo legal de ejecución del Contrato.

En el caso que el ente Contralor se retrase más allá del período de vigencia de la oferta del Contratista será necesario consultarle a éste si mantiene su oferta.

Compromisos Ambientales

Seguimiento Ambiental:

Simultáneamente con la licitación de las obras, el Departamento de Medio Ambiente y Territorio licita el contrato de Seguimiento Ambiental al cumplimiento de los compromisos ambientales para la fase de construcción, contraídos por Resolución de Calificación Ambiental (RCA). La licitación y el respectivo contrato, se rige por el Reglamento para Contratación de Trabajos de Consultorías, DS N° 48. Esta Consultoría puede extenderse más allá del contrato de obra, según sean los compromisos asumidos.

Adicionalmente, el Departamento de Medio Ambiente y Territorio prepara las Especificaciones Ambientales Especiales (EAE), el Presupuesto y las Bases de Medición y Pago (BMP) para aquellos ítems de carácter ambiental que formarán parte del contrato de obra.

Recepción Definitiva de las Obras

Normas y condiciones:

El Contrato tiene una garantía de 1 año para verificar su correcto funcionamiento. Terminado este año el Departamento de Construcción de Riego dicta una Resolución nombrando la Comisión de Recepción Definitiva.

Recepción Definitiva:

Si la Comisión de Inspección de terreno encuentra observaciones, le dará un plazo a la Empresa Contratista para que las subsane. En caso que la empresa no efectúe las reparaciones solicitadas por la Comisión, la Dirección procederá a efectuar las reparaciones con cargo a la Garantía de Fiel Cumplimiento del Contrato.

Si la Empresa subsana las observaciones se firma el Acta de Recepción Definitiva.

Liquidación de Contratos:

El Departamento de Construcción de Riego aprueba el Acta de Recepción Definitiva mediante la dictación de una Resolución y además autoriza la devolución de la Boleta de Garantía de fiel Cumplimiento del Contrato.

Cumplidas estas tareas el Depto. de Construcción remite todos los antecedentes que formaron parte de la Obra, al Depto. de Contratos de la DOH para su revisión y dictación de la Resolución de Liquidación respectiva.

Resolución DOH de término de contrato:

Una vez recibida la obra en forma definitiva, la DOH dictará la resolución de término de la obra, con lo que dará inicio oficial al período de explotación provisional.

Antecedentes de Gestión

Evaluación de Antecedentes de Gestión

En este proceso se determina el nivel de capacitación de la Junta de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas y/o comunidades de Aguas, para asumir la administración de las obras. Como resultado de esta acción se puede dar cumplimiento a uno de los requisitos de esta etapa, en caso contrario se deberá asumir el fortalecimiento de capacitación a los entes comunitarios señalados.

3.8.2. Ejecución de Obras por Ley de Concesiones

3.8.2.1. Marco Legal

La ejecución de las obras públicas realizadas por el sistema de Concesiones se efectúan al amparo de la Ley de Concesiones de Obras Públicas: DECRETO MOP N° 900 del 31/10/1996 y su reglamento N° 956 del 06/10/1997.

Se establece en el Art. 1° de la Ley que "La ejecución, reparación o conservación de obras públicas fiscales, por el sistema establecido en el Artículo 87° del Decreto Supremo N° 294, de 1984, del Ministerio de Obras Públicas, las licitaciones y concesiones que deben otorgarse, ya se trate de la explotación de las obras y servicios o respecto del uso y goce sobre bienes nacionales de uso público o fiscales, destinados a desarrollar las áreas de servicios que se convengan, se regirán por las normas establecidas en el presente decreto con fuerza de ley, su reglamento y las bases de la licitación de cada contrato en particular, que el Ministerio de Obras Públicas elabore al efecto".

3.9. Administración De Obras De Riego (Explotación Provisional)

3.9.1. Antecedentes Técnicos

Condiciones y Normativa Legal

La Explotación Provisional es aquella que se inicia cuando termina la construcción de la obra y se pone en servicio.

Durante este período los beneficiarios deben adquirir las competencias necesarias para hacerse cargo de la obra una vez que les sea traspasada, se prueban los equipos y la obra de riego en general, se pone en servicio los sistemas de regadío y se efectúan las mejoras que sean necesarias.

En los artículos N°11 del DFL 1.123 y N°24 de su Reglamento (D.S. 285) se establece que las obras terminadas podrán ser administradas por el Estado durante un plazo no mayor de 4 años y los gastos ordinarios de la explotación serán de cargo de los usuarios. Los gastos extraordinarios debido a desperfectos mayores en la obra serán de cargo fiscal, dichos desperfectos pueden ser los originados por deficiencias en la ejecución de las obras y equipos instalados. Ciertamente, el plazo de explotación provisional debe estar definido previo al fin de la construcción.

El art. N°25 del Reglamento establece que la administración de la obra se hará conjuntamente y de común acuerdo entre el Estado y la organización de usuarios, para lo cual se firma un convenio que establece los compromisos y regula las acciones a realizar durante el periodo.

El art. N° 27 del Reglamento establece que la DOH, ex Dirección de Riego, elaborará normas de seguridad para la explotación y conservación de las obras transferidas a los usuarios.

Evaluación del Funcionamiento de la Obra

Mejoramiento y Obras Complementarias:

El proyecto originalmente construido puede considerar la ejecución de adecuaciones y obras complementarias de acuerdo con las observaciones formuladas por sus propios usuarios durante los dos primeros años, o bien, por las necesidades surgidas durante la puesta en servicio de las obras y durante la ejecución de pruebas y controles operacionales, para materializar este proceso se deben cumplir algunas formalidades.

Procedimiento para Reparaciones y Obras Complementarias

Carta de solicitud de obras complementarias y/o reparaciones, de los regantes, conforme al Art. 9 DFL 1.123.

Informe técnico de terreno.

Oficio DOH de aceptación o rechazo a observaciones de regantes.

Carta de apelación al Ministro.

Oficio respuesta Ministro, si hay apelación.

Licitación de las obras/ Ejecución de las obras/ Inspección y recepción.

Una vez ejecutadas dichas obras se realizan actividades con los regantes:

Visitas a terreno.

Reuniones de análisis y estado de las obras con los regantes.

A continuación se describe en detalle los antecedentes necesarios:

Carta de solicitud de obras complementarias y/o reparaciones los regantes conforme al Art. 9 DFL 1.123

Corresponde al documento mediante el cual los regantes en el periodo de dos años contados desde la Resolución de Término de Obras hacen las observaciones a la obra de manera fundada y por escrito solicitando la ejecución de reparaciones u obras complementarias.

Informe técnico de terreno:

Documento que consigna la evaluación efectuada en terreno por la DOH, respecto de las observaciones formuladas por los regantes en virtud a lo dispuesto en el Art 9 del DFL N° 1123. Recomienda aceptación (total o parcial) o rechazo de lo solicitado.

Oficio DOH de aceptación o rechazo a observaciones de regantes:

Documento mediante el cual el Director Nacional de la Dirección de Obras Hidráulicas informa a la Organización de Usuarios la aceptación o rechazo a la solicitud de reparaciones y/o ejecución de obras complementarias.

Carta de apelación al Ministro:

Documento mediante el cual la Organización de Usuarios, en virtud de lo dispuesto en el Art 9 del DFL 1123, si las observaciones fuesen acogidas parcialmente o rechazadas por la DOH, solicitan al Ministro de Obras Públicas resolver las discrepancias.

Oficio del Ministro de Obras Públicas a Organización de Usuarios:

Informando la resolución a las discrepancias surgidas con la DOH.

Licitación de las obras/ Ejecución de las obras/ Inspección y recepción:

Si la solicitud de reparaciones y/o ejecución de obras complementarias es acogida, por el Director DOH en primera instancia o el Ministro de Obras Públicas en segunda instancia, se debe iniciar un proceso de licitación y ejecución de obras con sus procesos descritos en el capítulo correspondiente.

Visitas a terreno:

Trabajo de terreno de profesionales especialistas de la DOH, para evaluar las solicitudes de reparaciones y/o ejecución de obras complementarias. Concluye con un Informe Técnico.

Reuniones de análisis con regantes:

Reuniones de trabajo entre profesionales de la DOH y representantes de la Organización de Usuarios, para analizar cada una de las observaciones y explicar que alcance de lo dispuesto en el Art 9 del DFL 1123, las obras complementarias no contempladas en el proyecto aceptado por los regantes, aumenta proporcionalmente el precio que debe pagar cada uno de ellos para cubrir el costo efectivo total de los nuevos trabajos.

Operación y mantenimiento

El Manual de Operación de la obra debe considerar todas las actividades necesarias para asegurar un servicio permanente de entrega y evacuación de agua para riego, en condiciones de cantidad y oportunidad, tomando decisiones rápidas y acertadas que conduzcan a regularizar cualquier condición anormal en el menor tiempo posible.

Entre las actividades más importantes se encuentran:

Programación de Entrega de Recursos Hídricos:

De acuerdo al tipo de año hidrológico, regla de operación de la obra y necesidades de los regantes, se programan las entregas de agua.

Operación:

De acuerdo a normas y procedimientos establecidos en el Manual de Operación y Mantenimiento de la Obra, se accionan los distintos dispositivos y equipos mecánicos, eléctricos y servicios de apoyo tales como comunicación, computación, iluminación y otros necesarios para la entrega del agua.

Manejo de información:

Generación de reportes, bitácoras e informes escritos sobre el desarrollo de las labores de administración, vigilancia y control de la obra, el aprovechamiento del recurso hídrico, el estado actual y uso de las instalaciones y equipos.

Conservación de la obra y sus equipos:

De acuerdo a normas y procedimientos establecidos en el Manual de Operación y Mantenimiento de la Obra y a una correcta observación y evaluación de las condiciones operativas y mecánico-estructurales de las instalaciones y equipos, se aplica un programa de trabajo sistemático, preventivo y correctivo frente a fallas, que asegure su integridad en el tiempo.

Comprende la ejecución de obras civiles o de reparaciones (revestimiento de canales, mantención de válvulas, compuertas, reparación de sistemas eléctricos, mecánicos, etc.) que pueden ser contratados a externos o realizados directamente por la DOH.

Mejora continua del Manual de Conservación y Mantenimiento de equipos:

Este manual, que estipula los procedimientos y normas sobre la operación, mantenimiento de las instalaciones y equipos, definido en la etapa de diseño del proyecto, debe mejorarse en la etapa de operación a medida que se vaya recabando más información.

Confección Manual de Operación y Mantenimiento de la Obra

El propósito de un "Manual de Operación y Mantenimiento" de una obra es describir los objetivos, las actividades y los procedimientos que involucra la operación, el mantenimiento de las instalaciones, equipos y sistemas de apoyo, el manejo de información y la seguridad e integridad relacionadas con la prevención de riesgos laborales.

Este documento está destinado al administrador y operadores. Es una guía permanente para organizar y controlar los trabajos y hacer cumplir las normas técnicas que aseguran el correcto uso y servicio de cada equipo, de forma que se eviten o reduzcan los riesgos y daños posibles que puedan afectar al equipo

mismo, su operador y el entorno físico. Será la Dirección de Obras Hidráulicas el organismo encargado de elaborar este documento.

Los principales aspectos desarrollados en un manual de operación y mantenimiento son los siguientes:

Programa de entrega de recursos hídricos:

Definición y aplicación de la regla de operación bajo distintos escenarios hidrológicos.

Manual de Conservación y Mantenimiento de equipos:

Especificación de las normas aplicables y procedimientos dispuestos para conservar la integridad y operatividad de equipos e instalaciones.

Manual de seguridad:

Especificación de las normas aplicables y procedimientos dispuestos para anticipar y proteger la obra y la población potencialmente afectada frente a eventos críticos tales como sismos, avenidas, colapso de estructuras, aluviones, actos vandálicos y otras contingencias.

Planos as built:

Representación esquemática, en dos dimensiones y a determinada escala, de las obras construidas, equipos y dispositivos instalados, como fuente de información, apoyo y referencia para estudios, labores de mantenimiento y otros.

3.9.2. Antecedentes de Gestión

Procedimiento Para La Capacitación De Usuarios

Antecedentes de la capacitación durante la explotación provisional:

Diagnóstico preliminar en el cual se identifican de manera general las necesidades y brechas de capacitación y coordinación para el diseño de un programa de capacitación con cada organización de usuarios del agua. Esta información se puede recopilar a través de antecedentes de la explotación provisional, diagnóstico de la Organización de Usuarios del Agua (OUA), levantado en el proceso de Participación Ciudadana de la ejecución de la obra, antecedentes preliminares OUA y antecedentes de gestión. Este Diagnóstico preliminar será ejecutado por la CNR y servirá de insumo para licitar el Plan de Capacitación. Para lo cual contará con la siguiente información.

Antecedentes de la explotación provisional.

Informe de antecedentes preliminares en administración OUA.

Informe Diagnóstico situación preliminar.

Términos de Referencia y Bases de Licitación de Contrato del programa de Capacitación - Licitación para el diseño.

Informes de avance del programa.

Registro de encuestas y talleres.

Informe de evaluación.

Finalmente, se requerirá elaborar un Informe de antecedentes preliminares en administración OUA y si fuera necesario realizar una capacitación para proporcionar mayores competencias a las Organizaciones en la administración de obras de riego, para lo cual se desarrollara un contrato para estos fines:

Términos de Referencia y Bases de Licitación:

Documento que aborda los principales aspectos a mejorar en la gestión de las organizaciones y para la operación de las obras. Este plan puede ir adaptándose anualmente, de acuerdo a la evaluación de sus resultados y deberá elaborarse con apoyo técnico de la DOH.

3.9.3. Procedimiento de Dictación de Decreto Supremo, Art 10 DFL 1.123

El Decreto Supremo que establece el Artículo N° 10 del DFL 1.123 fija la zona beneficiada, la capacidad efectiva de la obra y los derechos que les corresponden a los usuarios. Además, fija el costo efectivo de las obras, el valor de los derechos y el monto de la deuda que cada usuario deberá reembolsar al Fisco.

El referido Decreto dispondrá que el dominio de las obras y los terrenos que ellas ocupen sea transferido a las Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canallistas o, a falta de ellas, a los usuarios.

Antecedentes Técnicos

Resolución de término de obras:

Documento que se dicta conforme a lo dispuesto en el Art 9 del DFL 1123 y Art 24 del DS 285, mediante el cual se pone término a la construcción de la obra y marca el inicio de la Explotación Provisional.

Convenio de Explotación Provisional aprobado por Resolución DOH:

Documento mediante el cual se establecen las condiciones en que se llevara a efecto la explotación provisional entre el Fisco DOH y la Organización y se fija la fecha de término de la administración. El Convenio se aprueba mediante Resolución DOH.

Acta de acuerdo del Consejo de Ministros de la CNR y Resolución CNR que ratifica dicha acta:

Se reúne el Consejo de Ministros con el fin de fijar las condiciones de transferencia y reembolso de la obra, adoptados los acuerdos se levanta un acta, la que se ratifica posteriormente mediante Resolución CNR.

Decreto Supremo DFL 1.123 Art. 10 y 13:

El Decreto Supremo tiene por finalidad dar cumplimiento a lo dispuesto en el DFL 1.123 de 1981, específicamente, lo señalado en los artículos 10 y 13 y a su respectivo Reglamento, una vez tramitado, se da inicio al proceso de suscripción de Escrituras de Reembolso y Cesión de Derechos de aprovechamiento de aguas. En función del porcentaje de derechos suscritos que fije el Consejo de Ministros se procederá al traspaso de la propiedad de la obra a la Organización de Usuarios de Aguas.

La DOH envía el Decreto para visto bueno del DGOP y posterior firma del Ministro de Obras Públicas y del Presidente de la República.

3.10. Traspaso de Obras de Riego

3.10.1. Antecedentes Técnicos

Condiciones y normativa legal:

El DFL 1.123 establece que una vez terminada la Explotación Provisional la obra debe ser traspasada a la organización de usuarios o a los regantes individualmente si esta no existiera.

Este traspaso de la propiedad de obra a las organizaciones de regantes, se efectúa mediante escritura pública que es firmada por el presidente del Directorio y un Director de la Organización de Regantes y el Director Regional de la DOH.

El proceso de firma de la escritura de traspaso se inicia con la Toma Razón del Decreto Supremo que ordena el traspaso de la obra a la organización, en los términos descritos en el Artículo N°10 del DFL 1.123.

Escritura de Reembolso y Cesión de Derechos

El DFL 1.123 establece que la obra sea entregada a las organizaciones de regantes y los derechos de aprovechamiento del Fisco a los beneficiarios en forma individual, al mismo tiempo establece el pago de una cuota, según lo determinado por el Consejo de Ministros. Al mismo tiempo y, para asegurar dicho pago, se inscribe a favor del Fisco una hipoteca por los Derechos de Aprovechamiento fiscales, como garantía del servicio de la deuda de los beneficiarios.

Está establecido en el Reglamento del DFL 1.123 que el Ministerio de Obras Públicas está facultado para exigir el cumplimiento de los términos ya establecidos en la Escritura de Compromiso de Reembolso, según las condiciones

que haya fijado el Consejo, o bien se debe repetir el proceso en las condiciones definitivas, de acuerdo a lo establecido en la Ley y el Reglamento.

Para la confección de la Escritura Pública de Reembolso y Cesión de Derechos de Aprovechamiento de Aguas se realizan las siguientes actividades:

Reuniones con regantes:

Se debe realizar presentaciones a la totalidad de las comunidades beneficiadas por la obra, respecto del marco jurídico y de las condiciones en que se efectúa el traspaso de los derechos y procedimiento de cobranza de Tesorería, esto facilita mucho el proceso de firma de escrituras, que en algunos casos llega a varios cientos, en estas charlas se muestran ejemplos de valores a pagar por acciones de agua y aclara dudas sobre todo el proceso. Cabe mencionar que un proceso muy parecido al ya realizado previo a la construcción de las obras, no obstante, debido a que, lo más probable, es que han transcurrido varios años desde la construcción y explotación provisional, la propiedad de los derechos puede haber cambiado y la información existente deba actualizarse.

Aplicación Formulario- Encuesta:

Para avanzar en el proceso se requiere el Rol de Regantes actualizado, nombre de las comunidades y dirigentes, sin embargo debido a que esta información es dinámica y, para tener enrolados a todos los beneficiarios de la obra se realiza una encuesta, en ella se registran los datos personales necesarios para la confección de la Escritura y la situación de los derechos de aprovechamiento que posee el beneficiario (cantidad de acciones, regularizadas o no regularizadas) y, el cálculo del monto de la deuda que adquiere el regante.

Adicionalmente, en el caso que la obra se emplaza en un área de secano, en que los futuros usuarios no tienen derechos de aprovechamiento de agua, lo que se verifica es la situación de los predios posibles de regar.

Verificación de la propiedad derechos de agua en Conservador Bienes Raíces (CBR):

Si el usuario no tiene en su poder el Certificado de Dominio de sus derechos de aprovechamiento, se revisa en CBR el Registro de Aguas correspondiente y se registra en el Formulario-Encuesta. Se obtiene un Certificado de Dominio. Si no existen derechos de aprovechamiento, se verifica la propiedad de los predios a beneficiar.

Confección Base de Datos Usuarios Traspaso:

Con la información obtenida, ya sea con la encuesta realizada o los certificados de inscripción obtenidos en el CBR se confecciona una base de datos que permita hacer más expedito el proceso de confección y firma de las escrituras de compromiso de reembolso.

Confección Escritura de Reembolso y Cesión Derechos:

Posteriormente se realiza la emisión de Escrituras individuales de Reembolso y Cesión de Derechos (con opción de pago contado y pago a crédito) en condiciones de ser firmadas.

Firma ante notario:

Si el regante opta por pago al contado, previo a suscribir la Escritura, la DOH completa el Formulario N° 10 de la Tesorería General de la República para que el regante concurra a la Tesorería y Banco Comercial habilitado para cancelar la deuda, una vez efectuado el pago y con la copia timbrada que acredita el pago, la DOH emite un baucher que autoriza al regante a concurrir a la Notaría para suscribir su escritura y posteriormente una vez firmada por el Director Regional, requerir ante el Conservador de Bienes Raíces la inscripción de los derechos transferidos por el fisco al Registro de Aguas.

Si el regante opta por pago al crédito, la escritura se remite a la Notaría y se entrega baucher al regante para que concurra a la Notaría a firmar, una vez que el Director regional DOH suscribe la escritura, el regante queda habilitado para requerir al Conservador de Bienes Raíces la inscripción de los derechos transferidos por el fisco al Registro de Aguas, también se inscribe la hipoteca a favor del fisco y la prohibición de enajenar sin autorización de la DOH.

Confección Formulario 10 de Tesorería General de la República:

Si los usuarios optan por el beneficio que se otorga por pago al contado (descuento por pago anticipado), se completa Formulario N° 10 de Tesorería, el cual se cancela en la misma Tesorería o en Bancos Comerciales autorizados. Una vez pagado el monto registrado, el N° de formulario se registra en la escritura, la que se envía a la Notaría para su firma.

Suscripción Escritura de Reembolso y Cesión Derechos:

Firma ante Notario de la Escritura por parte del regante y Director Regional de la DOH.

Inscripción de Derechos de agua en Conservador de Bienes Raíces a favor de regante (de responsabilidad de los regantes):

Se realizar inscripción de los derechos de aprovechamiento en el registro de Aguas del Conservador de Bienes Raíces a nombre del regante. En caso de pago a crédito se debe inscribir la prohibición de enajenar y la hipoteca a favor del fisco.

Actividades para la firma de Escritura de Traspaso:

- Para la confección de la Escritura de traspaso definitiva de la obra se deben realizar las siguientes actividades a cargo de la Unidad de Traspaso de obras de la DOH
- Verificar en el Conservador de Bienes Raíces del Registro de Propiedad, las inscripciones de dominio a favor del Fisco, de los terrenos en que se emplaza la obra.
- Confeccionar escritura de traspaso de la propiedad de la obra y proponerla a la Organización de Usuarios, conforme a lo dispuesto en el Art

Nº 13 del DFL 1123, incluye terrenos, infraestructura y campamentos necesarios para la explotación.

- Realizar la suscripción Escritura de Traspaso de la propiedad de la obra ante Notario Público, firmada por el Director Regional de la DOH donde se emplaza la obra y el Presidente y Directores de la Organización de Regantes debidamente facultados para ello.
- Inscribir los terrenos en el Conservador de Bienes Raíces, a favor de regantes.
- Eliminar la obra del catastro de obras de riego fiscal en patrimonio del Estado.

Procedimiento de Licitación de Derechos de Aguas no Traspasados

La no suscripción de los derechos de aprovechamiento de aguas facultará al Ministerio de Obras Públicas para declararlos como disponibles y proceder a su licitación conforme a lo dispuesto en el Artículo N° 18 del DS N° 285.

3.10.2. Antecedentes de Gestión

Informe de la DOH sobre los derechos de aprovechamiento de aguas no suscritos:

La DOH informara sobre aquellos derechos de aprovechamiento que no fueron suscritos por los regantes, ya que la no suscripción de las escrituras de reembolso y cesión de derechos de aprovechamiento de aguas faculta al Ministerio de Obras Públicas para declarar los derechos como disponibles y proceder a su licitación.

Bases de Licitación:

Asesoría Jurídica de la DOH, confecciona las bases de licitación, conforme a lo dispuesto en el Art N° 18 del Decreto Supremo N° 285 de 15 de Julio de 1994. Las bases de licitación se realizarán con estricta sujeción a lo dispuesto por el inciso 2° del artículo N° 18 en comento.

Convocatoria a pública subasta:

A este respecto, se señala que la licitación se dará lugar en pública subasta, la cual será convocada mediante publicaciones conforme a lo preceptuado por el artículo 12 del Reglamento, es decir, mediante dos avisos publicados en un diario de circulación nacional, mediando entre ambas publicaciones un plazo, que no debe ser inferior a cinco ni superior a diez días, asimismo se debe verificar en el referido plazo dos publicaciones en un diario o periódico de las Provincia o Región donde se encuentre la obra. Se establece además, junto a los requisitos de publicidad, que de las publicaciones correspondientes se deje constancia en el expediente del proyecto.

Escrituras de Cesión de derechos de aprovechamiento de aguas a adjudicatarios:

La DOH confeccionara las respectivas escrituras de cesión de derechos de aprovechamiento de Aguas

Remate mediante martillero público y Adjudicación de derechos de aprovechamiento:

Se realiza la subasta, conforme al procedimiento definido en el artículo N° 18 del DS N° 285. En primer término, se ofrecen los derechos a los beneficiarios de la obra al mismo precio original; en segundo término, al público en general a un precio mínimo mayor que el fijado originalmente para los beneficiarios y en tercer término, al público en general y sin mínimo.

Procedimiento de Dictación de Decreto Supremo, Art 10 DFL 1.123

El Decreto Supremo que establece el Artículo N° 10 del DFL 1.123 fija la zona beneficiada, la capacidad efectiva de la obra y los derechos que les corresponden a los usuarios. Además, fija el costo efectivo de las obras, el valor de los derechos y el monto de la deuda que cada usuario deberá reembolsar al Fisco.

El referido Decreto dispondrá que el dominio de las obras y los terrenos que ellas ocupen sea transferido a las Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas o, a falta de ellas, a los usuarios.

Procedimiento de Envío a Cobranza Tesorería General de la República

- **Antecedentes técnicos**

Elaboración de los documentos y antecedentes necesarios para la cobranza parte de la Tesorería General de la República, los cuales consideran los siguientes antecedentes:

- Decreto Supremo Art. 10 DFL 1.123.
- Escrituras Públicas de Reembolso y Cesión de Derechos de Aprovechamiento de Aguas, suscritas.
- Formulario 10 Tesorería General de la República.
- Listado de regantes con deuda fiscal por concepto de obra de riego.
- Informe de Recaudación de Tesorería por deudas de riego.

- **Antecedentes de gestión**

- Base de datos con cálculo de deuda.
- Reuniones participativas con regantes.
- Entrevistas personales para completar Formulario N°10 de la Tesorería General de la República.
- Reuniones de coordinación con Tesorería General de la República.
- Oficio DOH a Tesorería que remite listado de deudores.

4. METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS CON FINES MÚLTIPLES

4.1. Metodología General De Formulación Y Evaluación Socioeconómica De Proyectos De Embalses Y Obras Hidráulicas Anexas

Los embalses y obras hidráulicas anexas son proyectos que permiten la utilización de un recurso natural, el agua, a partir de su acumulación y asignación entre diferentes procesos de producción que compiten por su uso: agricultura, minería, agua potable, generación hidroeléctrica, turismo y otros. Por otra parte, el agua cruda puede estar asociada a recursos superficiales o subterráneos y tener usos consuntivos o no consuntivos⁵, dependiendo de la política de manejo de los recursos.

El objetivo de la metodología es guiar la formulación y evaluación socioeconómica de proyectos de embalse y obras hidráulicas anexas con fines múltiples. Habitualmente, el uso principal de este tipo de infraestructura es el riego; sin embargo, actualmente las obras potencialmente permitirán reducir la brecha existente entre oferta y demanda de agua para diferentes usos. Atento a ello, los contenidos se han desarrollado sobre la base de los lineamientos de aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del agua y sobre el marco teórico y conceptual de diversos métodos para la evaluación socioeconómica de los diferentes usos del agua embalsada.

Dentro de las obras de infraestructura se distinguen los siguientes tipos: i) **Obras para captación de agua:** aquellas que permiten extraer los recursos desde su nacimiento y para su uso en riego, agua potable, industria y otros. Incluye la inversión en pozos para captar las aguas subterráneas, reparación o reemplazo de represas, construcción de muros de contención y otras; ii) **Obras de derivación de agua:** embalses de carácter permanente en las aguas de los ríos o tramos de canales. Además de los anteriores, entre sus usos potenciales se encuentran el turismo y la generación eléctrica; iii) **Obras de conducción:** para la captura o desviación de las obras de regulación y conducción del agua hasta las obras de distribución (por ejemplo, sellado o reparación del canal principal); iv) **Redes de distribución:** canales secundarios y terciarios que llevan el agua de un canal matriz hasta las áreas de demanda; su objetivo es distribuir adecuadamente el agua entre los sectores por medio de medidores y compuertas para cumplir con el calendario de producción (además de canales, incluye divisores, metros, puertas, cámaras y equipos de medida de caudales; v) **Obras de regulación:** permiten la reserva de las aguas que fluyen durante los períodos cuando no esté en uso para utilizarlas cuando hay un déficit. Dentro de esta categoría se incluyen la regulación de los diques o

⁵ **Uso consuntivo** refiere a aquel en el cual el agua cambia su naturaleza intrínseca, transformándose en otro producto; por ejemplo riego o minería, donde el agua se utiliza para la producción de otro bien. **Uso no consuntivo** refiere a aquel en el cual el agua mantiene sus características físicas naturales; por ejemplo, en la producción de energía eléctrica, donde el agua se utiliza devolviéndose al caudal en la misma forma y cantidad.

presas nocturnas, por ejemplo. En algunos tipos de proyectos particulares, deben considerarse asimismo: i) **Trabajos de aplicación:** permiten optimizar el uso del agua al interior del predio, la asignación de las cantidades adecuadas por uso y los sistemas intraprediales más convenientes y ii) **Obras de drenaje:** para facilitar el drenaje de los excesos de agua.

4.1.1. Valoración económica de los recursos hídricos

Los recursos hídricos, así como el resto de recursos con los que dispone una sociedad, son susceptibles de ser valorados económicamente. Sin embargo, tendrán valor en la medida en que proporcionen beneficios y además los usuarios estén dispuestos a pagar por ellos; por tanto, obtener valoraciones precisas del agua en cada uso es tarea complicada. Sin embargo, ampliar la racionalidad en el uso del agua no puede lograrse sin disponer de valoraciones económicas de los usos y servicios relacionados con el agua.

Cuando los derechos de propiedad están claramente definidos, se dispone de mecanismos de asignación adecuados y los individuos cuentan con los incentivos necesarios para utilizar de la mejor manera los recursos, el mercado es eficiente en la asignación del recurso, ya que minimiza los costos sociales y garantiza los mayores beneficios para la comunidad. Sin embargo, en el caso del agua embalsada en general no se cumplen algunos de los requisitos expuestos, razón por la cual se han desarrollado métodos alternativos de valoración que incorporan conceptos subjetivos del valor.

En el mercado, los precios quedan determinados por la oferta y la demanda. La *demand*a es función del precio del bien, el ingreso de los demandantes, los precios de productos sustitutos y complementarios y las preferencias. La *oferta* es función del precio del producto, los costos y la tecnología de producción y los productos sustitutos, entre otros. Cuando la oferta iguala la demanda, el precio queda determinado.

En una economía con mercados perfectos, el mismo conjunto de precios es responsable por la asignación de recursos y por la distribución del ingreso: todos los ingresos son derivados de la propiedad de los factores de producción y el mecanismo de precios maximiza el valor de la producción que puede ser producido en un período de tiempo.

La *eficiencia asignativa* se define como un estado de organización de producción y consumo en la que las posibilidades no ambiguas de incremento de bienestar económico han sido exploradas, según el principio de Pareto⁶ y la asignación óptima de los recursos ha sido establecida. También se puede definir como la asignación de los recursos tal que ninguna otra asignación provee ganancias de producción o satisfacción sin imponer pérdidas a otros miembros de la sociedad. Esta definición de eficiencia se satisface con el funcionamiento de una economía competitiva y se puede expresar en términos del cumplimiento de las siguientes condiciones:

* Eficiencia económica en la producción de bienes y servicios;

⁶ El *Principio de Pareto* (o eficiencia paretiana) establece que el óptimo social se alcanza en una situación de equilibrio de producción y consumo donde no es posible aumentar el bienestar de ningún individuo de la sociedad, sin disminuir el de otro.

* Eficiencia económica en la distribución de los bienes y servicios y

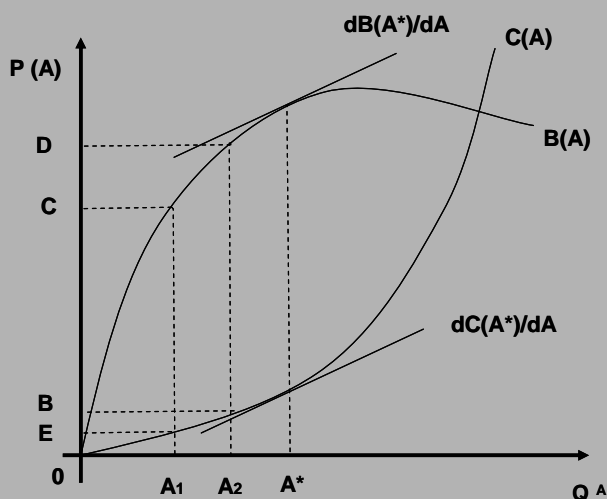
* Asignación de los recursos en forma consistente con las preferencias del consumidor.

De este modo, la *eficiencia paretiana* ocurre cuando el beneficio marginal de usar un bien o servicio es igual al costo marginal de ofertar ese bien.

Desde el enfoque de la evaluación de proyectos, el análisis costo – beneficio es la herramienta que permite obtener el equilibrio paretiano, a partir de la comparación de beneficios y costos marginales (Figura N°4.A). Las curvas $B(A)$ y $C(A)$ miden el beneficio social y los costos agregados respectivamente. La solución al óptimo de Pareto se obtiene en A^* , donde la diferencia entre ambas es máxima (en este punto, el beneficio marginal social es igual al costo marginal social).

Figura N° 4.A

Comparación de la eficiencia de Pareto con el criterio de Beneficio – Costo



Fuente: Elaboración propia en base a Smith (citado por Young, 1996)

El proceso de decisión requiere la identificación y la comparación de todos los beneficios y costos de cada una de las alternativas de uso del agua⁷. En el caso de Chile la experiencia de mercado no es unívoca en términos que el establecimiento de derechos de aprovechamiento de agua ha sido condición suficiente para la mejor asignación de los recursos hídricos.

Esto significa que no existirá sólo uno, sino varios equilibrios paretianos. No obstante, cuando es evidente que la política conducirá a una redistribución del ingreso, es posible modificar los niveles de bienestar por medio de *compensaciones*: si los ganadores con la nueva política están dispuestos a compensar a los perdedores y aún así tienen un nivel de bienestar superior, la política es positiva, ya que la sociedad en general habrá obtenido un nivel de bienestar superior.

⁷ Ello deriva en la existencia de externalidades para la sociedad, cuyos efectos pueden minimizarse cuando los derechos están definidos. De allí la importancia de disponer de adecuados sistemas de tarificación para el uso de los recursos naturales y en particular del agua cruda.

En ausencia de mercados y bajo el supuesto que todos (o la mayoría de) los beneficios y costos son “medibles en dinero”⁸ los cambios en el bienestar pueden ser medidos como el máximo monto de dinero que la persona estaría dispuesta a pagar para obtener esa mejora; o por otro lado, cuando el bienestar se reduce, debe estimarse cuánto estaría dispuesto a pagar ese individuo para aceptar el cambio. Este método permite estimar los precios sombra del agua cruda. De esta forma, el Estado tiene un papel fundamental en la obtención del óptimo paretiano: el bienestar social depende de la utilidad de sus miembros derivada del consumo y de los mecanismos descritos.

En lo que sigue del documento se presenta la metodología para formulación y evaluación de los proyectos de embalse y obras hidráulicas anexas y se desarrollan diferentes enfoques para la valoración de los beneficios por los usos potenciales del agua en diferentes actividades: riego, minería, agua potable, defensa fluvial y otras.

4.1.2. Flujo de Formulación y Evaluación de Proyectos

El proceso de *formulación y evaluación de un embalse y sus obras hidráulicas anexas*, como un sistema integrado de cuencas, debe respetar la siguiente **línea de procesos**.

- Diagnóstico y definición del problema
- Definición de la Situación Sin Proyecto
- Identificación de las alternativas de proyecto
- Definición de la Situación Con Proyecto
- Análisis de rentabilidad del proyecto
- Análisis comparado de alternativas
- Análisis de Riesgo
- Evaluación Ex Post

El **ciclo de vida de los proyectos** se define como la instancia ideal de análisis, que implica ir avanzando en éste a medida que se dispone de mayor información (o se disminuye la incertidumbre sobre el comportamiento futuro de las variables). El respeto de este proceso tiene por objetivo contribuir al uso más eficiente de los recursos y genera un mayor nivel de análisis, información y precisión a medida que madura la formulación del proyecto.

En las etapas tempranas del ciclo de vida, se estima la bondad de los proyectos de inversión con un uso acotado de recursos, lo cual permite “descartar los proyectos malos” sin incurrir en altos costos de análisis. Una vez evaluado a nivel de perfil, el proyecto pasa a prefactibilidad, donde se analizan las distintas alternativas para dar solución al problema planteado. Por ello, la evaluación socioeconómica tiene mayor nivel de análisis y precisión y

⁸ Este supuesto implica aceptar un enfoque puramente extrínseco de los recursos, aceptando que la satisfacción de las personas que conforman la sociedad puede estimarse a través del dinero como medida de bienestar y utilidad.

permite disminuir considerablemente la incertidumbre y riesgo de la iniciativa. Posteriormente, se debe desarrollar la etapa de factibilidad, la que comprende los mismos capítulos que la prefactibilidad, pero con mayor profundidad y menor rango de variación esperado en los montos de costos y beneficios estimados. A ella sólo se somete la mejor alternativa determinada en la etapa anterior. La fase de preinversión se presenta en la Tabla 1.

Fase	Etapa
Preinversión	Idea - Perfil - Prefactibilidad - Factibilidad
Inversión	Diseño - Ejecución
Operación	Puesta en marcha - Operación en régimen

Tabla 1. Ciclo de vida del proyecto - Fases

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, según el grado de complejidad de las soluciones propuestas en cada uno de los proyectos, la fase de preinversión puede acotar etapas, las que deberán ser debidamente justificadas. Un ejemplo de criterio modelo se presenta en la Tabla 2.

Postulación		Observaciones
De	A	
Perfil	Ejecución	Proyectos con diseños tipos pre aprobados.
Perfil	Diseño	Proyectos que deben desarrollar por separado la etapa de diseño.
Diseño	Ejecución	
Perfil	Prefactibilidad	Proyectos que deben desarrollar el ciclo de vida completo, dada su alta especificidad.
Prefactibilidad	Factibilidad	
Factibilidad	Diseño	
Diseño	Ejecución	

Tabla 2. Ciclo de vida del proyecto – Fase de preinversión

Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Diagnóstico y definición del problema

Un proyecto cualquiera tiene como propósito final satisfacer o atender una determinada demanda o dar solución a un problema que se ha detectado en una zona identificada. Por ello debe realizarse un riguroso reconocimiento de la zona de estudio, para constatar la realidad que se pretende intervenir. Este primer paso permitirá establecer los problemas en el área de influencia de la cuenca⁹

⁹ Se entiende por cuenca hidrográfica, hoya hidrográfica, cuenca de drenaje o cuenca imbrífera al espacio delimitado por la unión de todas las cabeceras que forman el río principal o el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con

bajo análisis, reconociendo la existencia y potencialidad de los recursos del área, caracterizando las diferentes actividades productivas e incorporando las perspectivas de desarrollo futuro, entre otros aspectos.

El **diagnóstico** debe reunir la mayor cantidad de información disponible en instituciones relacionadas acerca de los recursos agua, suelo y clima, así como aquellos datos de organismos relacionados a la producción, los ingresos, los precios y demás. La recopilación de antecedentes debe incluir también la revisión de información bibliográfica y visitas a terreno para contactar fuentes primarias (informantes calificados e informados del problema abordado)¹⁰.

Una vez recopilada la información, se debe analizar en forma crítica, con el propósito de calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del estudio y determinar con precisión aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y generar. Esto último, se debe llevar a cabo cuando la calidad de la información recopilada no es adecuada para la finalidad que persigue el proyecto o simplemente ésta es inexistente.

Como consecuencia del análisis anterior debe levantarse la fundamentación del estudio y el problema del mismo. Ello constituye la base para justificar cualquier intervención (estudio o proyecto) orientada al aprovechamiento de los recursos hídricos.

Dentro del conjunto relevante de **antecedentes del diagnóstico**, es esencial la descripción de los siguientes ámbitos

- Aspectos físicos de la zona de estudio
 - Ubicación geográfica
 - Delimitación de la cuenca
 - Clima
 - Hidrografía
 - Aspectos fisiográficos
 - Vegetación
 - Geología
- Análisis de la cuenca y de los recursos hídricos
 - Superficie; ubicación; límites.
 - Recursos hídricos superficiales; afluentes y efluentes.

miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como las unidades de división funcionales con más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua. Una cuenca hidrográfica y una cuenca hidrológica se diferencian en que la cuenca hidrográfica se refiere exclusivamente a las aguas superficiales, mientras que la cuenca hidrológica incluye las aguas subterráneas (acuíferos).

¹⁰ Como por ejemplo los agricultores de la zona de influencia y las asociaciones de regantes, si las hubiere.

- Caudal medio anual de los recursos hídricos: estacionalidad (períodos de demanda, máximas precipitaciones, períodos secos, duración del año hidrológico, otras)
- Identificación de subcuencas.
- Regulación de los principales afluentes y de los recursos principales: volumen de la oferta para diferentes usos.
- Agua subterránea: disponibilidad, ubicación y usos. Reducción de los caudales de explotación del acuífero. Recarga artificial del acuífero. Medidas para minimizar los efectos de subida de nivel (drenaje) o descenso (profundización de captaciones). Ejecución de obras para corregir la dinámica del flujo subterráneo tales como barreras hidráulicas, pozos de inyección, etc.
- Usos actuales de los recursos, sistemas de conducción y distribución de aplicación de los recursos hídricos; niveles de eficiencia global en el proceso de captura, transporte y distribución; criterios de seguridad en el suministro del agua cruda; otros.
- Distribución de la tierra de acuerdo a la capacidad de uso; disponibilidad de suelos aptos para riego; sistemas de riego y provisión de alternativas (en el caso que las hubiere).
- Efectos del desarrollo los recursos sobre la erosión hídrica, control de crecidas, manejo y conservación de suelos. Protección de riberas, mejoras en el cauce, encauzamiento de las aguas, conducción, drenaje, ataguías (en general corrección del eje hidráulico).
- Potencialidad de usos alternativos: riego, hidrogenación, usos mineros e industriales varios, requerimientos para agua de consumo humano rural y urbano, otros.
- Otros aspectos relevantes: mantención de la conexión de las poblaciones mediante métodos naturales o artificiales (corredores ecológicos, by pass, etc.) y construcción de atravesos para animales y demás.
- Análisis de los aspectos socio-económicos
 - Ocupación porcentual de la población; principales centros productores y los principales centros administrativos correspondientes.
 - Desarrollo económico: análisis de la estructura económica, componentes y evolución del PIB nacional, regional y de la cuenca, zonas económicamente más activas, desarrollo y balance entre los diferentes sectores (industria, comercio, minería y servicios), sector público, infraestructura¹¹, proyecciones sectoriales de desarrollo.

¹¹ En el contexto del Manual de Obras de Riego se ha dado particular énfasis a la planificación del uso de los recursos hídricos pero sin desatender los aspectos de planeamiento de desarrollo de la región dentro de la cual se inscriben aquellos usos.

- Desarrollo agropecuario en la zona de estudio, potencialidad de nuevas áreas destinadas a la explotación agropecuaria, posibilidades de industrialización y/o exportación e impactos sobre la de mano de obra, aumento de la productividad por unidad de tierra cultivada, habilitación de nuevas tierras destinadas a la producción.
- Aspectos demográficos: análisis de la tasa de crecimiento de la población y relación con la situación país, niveles socio-económicos (pobreza e indigencia), población rural dispersa, otros.

Los requisitos anteriores deben ser respaldados, al menos, por los estudios que se resumen a continuación.

El objetivo del **estudio del clima** es proporcionar una descripción completa del clima de la zona del proyecto, a fin de identificar las zonas agro-climáticas de acuerdo a su potencial productivo; debe tener en cuenta aspectos como la precipitación, humedad relativa, la temperatura media, mínima y máxima turbidez, tiempo de frío, las heladas, la evaporación, la intensidad y dirección de los vientos, etc. En estas áreas se observan similares características climáticas y del suelo, y definen las especies que se pueden cultivar, en el caso del riego.

Los **estudios hidrológicos** tienen el propósito de cuantificar los recursos hídricos disponibles en el área de influencia del proyecto. Para ello, se requiere realizar las siguientes acciones: i) establecer el régimen hidrológico que caracteriza a la cuenca y analizar las posibles contribuciones de otras fuentes; ello requiere información pluviométrica y nival y llevar a cabo un análisis de caudales máximos y mínimos; ii) realizar una simulación de las series hidrológicas con algunos de los métodos de análisis que consideran la probabilidad de eventos; iii) caracterizar los acuíferos en relación a la profundidad de napa, su ubicación, grosor y otros; establecer mecanismos que rigen la recuperación del nivel de caudal de los ríos y el desbordamiento de agua en las zonas de riego; iv) analizar la calidad del agua para el riego, agua potable y otros usos industriales y comerciales, de acuerdo a las características químicas y bacteriológicas de los recursos hídricos.

Los **estudios de suelo** son determinantes en los proyectos de riego, ya que su objetivo es evaluar el potencial productivo de diferentes partes del proyecto. Para ello los suelos deben clasificarse con el fin de establecer si es posible llevar a cabo el sistema de riego y cuáles son los cultivos más adecuados para cada uno de ellos, teniendo en cuenta los parámetros climáticos ya estudiados. Entre otros aspectos deben tenerse en cuenta las características de la topografía, la vegetación, químicos presentes, características físicas y morfológicas de los suelos, entre otros atributos. También deben determinarse las áreas productivas disponibles en el área del proyecto, tanto las de riego actual como las de secano susceptible de ser productivas y en el caso de las que están actualmente en uso, es necesario identificar la distribución de la superficie en función de los principales cultivos obtenidos.

En los proyectos con potencialidad de hidrogenación es muy importante para analizar las variables asociadas a la **geomorfología de la cuenca**, definiendo la localización de las posibles caídas de agua, la magnitud de éstas y los flujos del

sistema fluvial. Estos factores afectan la viabilidad del proyecto, determinando por ejemplo el potencial eléctrico proyectado. La morfología también determina las soluciones técnicas, definiendo los esquemas de planta, el tipo de turbina y la magnitud de las obras que se requieren para llevar a cabo.

Asimismo, es importante el desarrollo de otros estudios complementarios tales como los **geológicos**, a fines de minimizar los riesgos sísmicos y los **medio-ambientales**. Así también debe prestarse atención al **análisis de la condición jurídica y situación de tenencia de la tierra** donde se construirán las obras, las **alternativas de financiamiento** de la inversión, los niveles de **desarrollo agrícola, desarrollo tecnológico, desarrollo social y desarrollo institucional**, como base para la elaboración de planes de capacitación, asistencia técnica, asistencia crediticia, otros¹². Los **estudios de caracterización socio-económica** son relevantes para determinar la situación actual, participación y comportamiento futuro de la población en el desarrollo económico regional. En tal sentido y a los fines de realizar futuras evaluaciones del proyecto, se sugiere el levantamiento de la línea de base del proyecto, cuyas principales orientaciones se presentan en Apéndice C.

La **estimación de la demanda potencial** es un factor clave en la evaluación del proyecto. Por tanto, deberá ser lo más completa posible, no obstante lo cual ello no implica realizar hipótesis de dificultosa veracidad dado que ello puede inducir a asignar recursos en usos no factibles y asimismo, generar falsas expectativas entre los potenciales usuarios de las obras.

En la *estimación de la demanda de agua cruda para uso agrícola* corresponde desarrollar todos los estudios para formular y evaluar proyectos de agua para uso agrícola, incorporando aquellos elementos particulares de este tipo de proyectos. Para la *estimación de la demanda de agua cruda para usos no agrícolas* deben realizarse estudios para estimar los usos potenciales del agua para consumo humano, industrial, minería, energía hidroeléctrica y turismo. Para cada propósito de uso del recurso, se calculan sus demandas mediante la identificación de los usuarios más significativos.

Los *requerimientos totales de agua embalsada* corresponden a la suma de las necesidades de agua correspondientes a todos los usos agrícolas y no agrícolas identificados y la adición del análisis de la potencialidad del proyecto en términos de defensa fluvial (que en estricto rigor constituye una "demanda indirecta" del proyecto). Cabe señalar que en todos los usos, la demanda de agua debe ser calculada mensualmente ya que los requerimientos pueden variar de mes a mes. La estimación podrá realizarse en la unidad de medida que establezca el formulador, aunque en general los volúmenes se estiman en metros cúbicos por mes (m³/mes) o litros por segundo (l/s).

¹² En una sección aparte se describen en detalle los requerimientos de información especiales para proyectos de riego.

4.1.4. Situación Sin Proyecto

Por definición, la **Situación Sin Proyecto (SP)** corresponde a la optimización de la Situación Actual a través de diferentes medidas, de menor costo que el proyecto y que tienen por finalidad no atribuir al proyecto beneficios que podrían obtenerse a través de acciones alternativas. En otros términos, ello implica estimar lo que ocurriría si no se llevara a cabo el proyecto en el horizonte de evaluación.

Una medida frecuente de optimización está dada por el **manejo de los requerimientos**, que incluye la reducción del consumo, el reciclaje y las tecnologías y políticas que promueven un uso más eficiente del agua por parte de los usuarios finales. En el mismo sentido, mejoras en la gestión del sistema pueden aplazar la necesidad de nuevas fuentes de suministro, al mejorar la eficiencia en la producción y transporte.

Por otra parte, el **manejo del recurso hídrico**, mediante acciones forestales y estructurales ofrece la oportunidad de reducir la sedimentación de embalses y canales, de manejar el calendario y el volumen de flujos máximos, estacionales y anuales, así como de recargar los acuíferos subterráneos.

Otras medidas de optimización, de inversiones relativamente de menor costo al proyecto, corresponden a la **transferencia e innovación de tecnología e implementación de programas de capacitación y asistencia técnica**, la aplicación de medidas de gestión de las obras existentes, la **re-distribución de los derechos de aprovechamiento de aguas**, la **revisión de los sistemas de precios**, la **reducción de pérdidas** y fugas del sistema de conducción, el **mejoramiento de la tecnología de transmisión y distribución de energía**, **mejor gestión** de las organizaciones institucionales, **reciclaje de aguas utilizadas**, entre otras. La alternativa de optimización más adecuada debe establecerse a partir de una evaluación comprehensiva del conjunto de opciones institucionales, técnicas y de política.

4.1.4.1. Alternativas de proyecto

Como se ha señalado, en general el agua es un recurso escaso y se requiere en el proceso de producción de diferentes bienes que compiten por su uso. Algunos proyectos pueden tener una única finalidad, otros pueden tener propósitos múltiples; en algunos casos, existirá competencia entre los usos (mutuamente excluyentes) y en otros, existirá complementariedad de beneficios y/o de costos. Por ello, las soluciones corresponden a proyectos de diferente naturaleza y cada alternativa puede estar formada por una o más usos.

Asimismo, las soluciones deben tener en cuenta las alternativas de localización y el tamaño. Cada alternativa de solución debe estar lo suficientemente justificada en cuanto a sus características principales, los impactos positivos y negativos esperados, los costos de inversión, mantenimiento y operación, para lo cual debe desarrollarse una completa descripción y análisis de todas las posibilidades o alternativas viables técnicamente de solución al problema identificado y analizado.

Como resultado de este análisis, se espera un número de obras hidráulicas técnicamente factibles, que satisfacen las necesidades para diferentes usos. Si, por ejemplo, hay tres usos posibles pero excluyentes, entonces, se tendrá tres alternativas. Si por el contrario, hay tres usos posibles, donde dos de ellos son excluyentes y el otro complementario con cualquiera de los anteriores, se tendrán cinco alternativas. Cada una de ellas, con su medida de beneficio y costo esperado.

4.1.4.2. Definiciones técnicas

De los estudios que forman parte del diagnóstico debe identificarse el potencial productivo del agua embalsada. Al comparar este potencial con el nivel actual de producción surgen ideas o alternativas de proyectos que permiten el desarrollo de cada actividad. Todas las soluciones o alternativas identificadas previamente deben incluir la siguiente información:

- *Especificación de los rasgos distintivos de la alternativa*
- *Ubicación e influencia de la alternativa*

Se debe hacer referencia también a las acciones que se llevarán a cabo y los resultados esperados de cada uno. Se considera adecuado distinguir los siguientes componentes: **capacitación en gestión eficiente del agua y la operación y el mantenimiento de la infraestructura de riego.**

Debe desarrollarse también un **modelo de planificación hidráulica** conteniendo el diseño técnico de la construcción, mejora y/o ampliación de la infraestructura para el riego, para lo cual deben tenerse en cuenta los siguientes pasos:

- **Sistema de Captura:** la presa es una obra de regulación. Su ubicación y el diseño se determinan teniendo en cuenta aspectos tales como las características fluviales, la geología, la anchura de la cama y su pendiente longitudinal, las condiciones topográficas de la zona, el caudal máximo, mínimo y extraordinario, la cantidad de agua ser capturada, etc. En muchos casos el sistema de captura incluye paredes de la tubería, zancos, tranquilizador captura de la ventana de la cámara, y la limpieza del canal.
- **Sistema de conducción:** están compuestos principalmente por el canal principal, canales secundarios o una salida (lateral y sub-laterales) y canales terciarios o parcelas. La capacidad para conducir los canales deben definirse teniendo en cuenta la demanda de agua para irrigar los campos, las pérdidas producidas por la filtración a lo largo de los canales, el número de horas por día de riego, la frecuencia de riego, las pérdidas producidas en el manejo de compuertas y la habilidad de los usuarios. En cuanto al ruteo, este debe hacerse teniendo en cuenta las características topográficas, la forma del campo de la irrigación y la distribución de tierras de cultivo.
- **Sistema de distribución:** los mecanismos hidráulicos se basan en la sección longitudinal de un canal principal de riego. El propósito de estos dispositivos es admitir y ajustar el volumen de agua en la puerta del predio. La ubicación de las presas es importante, ya que facilita la distribución

adecuada entre los sectores, evitando conflictos y permitiendo el acceso rápido y oportuno durante el riego.

- **Construcción de presas:** se produce en los casos donde la disponibilidad de agua no se correlaciona con el área potencialmente equilibrada de riego y requiere el diseño de estructuras de almacenamiento para resolver los déficits temporales. Debe especificar el volumen de almacenamiento de agua.
- **Dispositivos adicionales en obras hidráulicas:** corresponde al diseño de acueductos, las caídas y saltos, alcantarillado, canoa, sifón invertido, etc.
- **Sistemas y tecnologías de operación:** por ejemplo, en riego el sistema de entrega de agua embalsada debe proponer el sistema de riego (aspersión, goteo, gravedad, etc.), especificando el equipo necesario y los niveles de eficiencia de riego debido al cambio.
- **Sistemas de desagüe:** es necesario establecer los parámetros de diseño que definen el sistema de drenaje. Por ejemplo, para establecer la profundidad de los desagües, teniendo en cuenta el sistema con que el agua fluye a través de ellos, el tipo de cultivo y la textura del suelo.

Asimismo, todas las alternativas deberán ser evaluadas, independientemente de las demás, en la medida en que sean separables. El concepto de separabilidad también aplica a todos los proyectos relacionados, sean tanto de construcción como de mejoras de los sistemas de captación, embalse y distribución de agua e incorporación de tecnología para mejorar la eficiencia de entrega.

Los caudales de la cuenca o afluente hidrográfico determinarán el tamaño máximo de la infraestructura. El **caudal firme** corresponde al caudal máximo que se puede retirar del embalse en un período crítico. Si el embalse ha sido dimensionado para compensar los caudales a lo largo de un año hidrológico, generalmente se considera como período crítico al año hidrológico en el cual se ha registrado el volumen aportado mínimo. Sin embargo existen otras definiciones para el período crítico también aceptadas, como por ejemplo el volumen anual de aporte hídrico superado en el 75% de los años, que es una condición menos crítica que la anterior; el **caudal regularizado**: es el caudal que se puede retirar del embalse durante todo el año hidrológico, asociado a una determinada probabilidad.

La **presa hidráulica** corresponde al muro fabricado con piedra, hormigón o material suelto, que se construye habitualmente en un desfiladero sobre un río, arroyo o canal con la finalidad de almacenar agua para su posterior aprovechamiento. La energía mecánica puede aprovecharse directamente, como en los antiguos molinos, o de forma indirecta para producir energía eléctrica, como se hace en las centrales hidroeléctricas. En tanto, un **dique** es una pared artificial ó natural que detiene a un cuerpo de agua. Presa y represa son el conjunto del cuerpo de agua retenido y su dique. Son sinónimos. Y **embalse** se le denomina al espacio que contiene al cuerpo de agua retenido.

Los volúmenes característicos de los embalses corresponden a: i) **volumen muerto**: volumen bajo la cota de la torre de toma de agua y que tiene por objetivo

acumular sedimentos durante la vida útil del embalse; ii) **volumen útil**: volumen comprendido entre el nivel mínimo *minimorum* y el nivel máximo operacional; iii) **volumen de laminación**: volumen comprendido entre el nivel máximo operacional y el nivel máximo normal. Este volumen es utilizado para reducir el caudal vertido, limitando los daños aguas abajo. Desde el punto de vista de la operación los volúmenes se clasifican en: i) **mínimo *minimorum***: nivel mínimo que puede alcanzar el embalse, coincide con el nivel mínimo de la toma situada en la menor cota; ii) **mínimo operacional**: nivel por debajo del cual las estructuras asociadas al embalse y la presa no operan u operan en forma inadecuada; iii) **nivel medio**: nivel que tiene el 50% de permanencia en el lapso del ciclo de compensación del embalse, que puede ser de un día, para los pequeños embalses, hasta períodos plurianuales para los grandes embalses (el período más frecuente es de un año); iv) **nivel máximo operacional**: al alcanzarse ese nivel se comienza a verter agua con el objetivo de mantener el nivel pero sin causar daños aguas abajo; v) **nivel del vertedero**: si la presa dispone de un solo vertedero libre, el nivel de la solera coincide con el nivel máximo operacional. Cuando el vertedero está equipado con compuertas, el nivel de la solera es inferior al máximo operacional; vi) **nivel máximo normal**: al llegarse a este nivel la operación cambia de objetivo y la prioridad es garantizar la seguridad de la presa (por los daños que puedan ocurrir aguas abajo); vii) **nivel máximo *maximorum***: en este nivel ya la prioridad absoluta es la seguridad de la presa; corresponde a la cota de coronamiento, ya que pone en riesgo la estabilidad del embalse. Se mantiene el nivel indispensablemente, por lo cual el caudal descargado es igual al caudal que entra en el embalse. Desde el punto de vista de su capacidad reguladora, el embalse puede tener un **ciclo diario, mensual, anual**, e incluso, en algunos pocos casos **plurianual**.

Por último, en la definición de las alternativas debe considerarse la posibilidad de utilizar diferentes características técnicas para construir las infraestructuras: trazas de canales, materiales de construcción, equipamiento requerido y otros.

4.1.5. Situación Con Proyecto

La situación CP se define como aquella cuya materialización se espera con mayor probabilidad por la ejecución del proyecto; es decir, corresponde a la situación a la cual se espera llegar una vez realizado el proyecto, para lo cual deben definirse los diferentes usos alternativos del agua embalsada, estimando los efectos directos, indirectos, secundarios, externalidades e intangibles. Los beneficios y costos netos del proyecto se obtienen de la comparación de las situaciones SP y CP.

4.1.5.1. Beneficios directos del proyecto

i. Identificación

Los **beneficios directos** corresponden al valor que tiene para el país ejecutar el proyecto, medido conceptualmente a través del *aumento del consumo* de los bienes y servicios producidos por el proyecto (por ejemplo productos agrícolas o industriales, agua potable, energía eléctrica, servicios turísticos o de defensa fluvial y control de crecidas, entre otros) y por la *liberación de recursos* de los

insumos que el proyecto genera (por ejemplo ahorros de costos de extracción de agua por acuíferos y reposición de infraestructura urbana en proyectos de defensa fluvial y control de crecidas).

Entre otros beneficios de los proyectos de embalses y obras hidráulicas anexas se han estimado los correspondientes a riego, generación hidroeléctrica, agua potable, minería, defensa fluvial y control de crecidas y turismo.

ii. Cuantificación y valoración

La cuantificación y valoración implica realizar las estimaciones de las magnitudes físicas que corresponden a cada uno de los beneficios identificados anteriormente. Aún cuando los usos del agua embalsada sean complementarios (por ejemplo riego y turismo) o sustitutos (por ejemplo hidrogenación y defensa fluvial y control de crecidas), los beneficios directos del proyecto pueden estimarse de la siguiente manera:

$$BSD = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m X_{kj} * P_{kj}^s - \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^s Y_{lj} * P_{lj}^s$$

Donde:

BSD son los beneficios sociales directos del proyecto;

X_{kj} son las cantidades de los k bienes y servicios producidas por el proyecto en el propósito j ;

P_{kj}^s son los precios sociales de los k bienes y servicios producidas por el proyecto en el propósito j ;

Y_{lj} son las cantidades de los l bienes y servicios consumidos por el proyecto en el propósito j ;

P_{lj}^s son los precios sociales de los l bienes y servicios consumidos por el proyecto en el propósito j ;

En otros capítulos del proyecto se desarrollan en extenso las metodologías para estimar los beneficios indicados anteriormente.

4.1.5.2. Costos directos del proyecto

Además de los costos de producción de los bienes indicados en el punto anterior, deben atribuirse al proyecto los costos sociales por las inversiones y mantenimiento necesarios para el funcionamiento del nuevo sistema de suministro, distribución y aplicación de agua. Desde ya, es recomendable prestar especial atención a los tiempos de inversión, ya que el retraso en la terminación de las obras afecta directa y negativamente la rentabilidad del proyecto.

i. Costos de inversión

Los proyectos relacionados al riego comprenden inversión en infraestructura, costos de equipos y transferencia de tecnología, entre los más importantes. La **infraestructura** corresponde a las obras civiles y equipos, obras de conducción y distribución, reservorios, revestimiento de canales, equipos de bombeo,

instalación de drenajes de los dispositivos de regulación de los flujos de agua, expropiaciones y otros. Dentro de los costes de **inversión** se incluye la compra de equipos para adecuación técnica del sistema de riego intra-predial (sistemas de aspersión o goteo y costo del equipo necesario: bombas, filtros, tubos, etc.). En el caso de que el proyecto incorpora áreas de secano al riego, junto con los costos de la inversión se debe considerar los **costos de las labores** realizadas en las parcelas de secano y dentro de la parcela (gastos de cubierta que regará la tierra e incluyen los costos de construcción de la infraestructura para permitir el riego y el costo de la nivelación del terreno, construcción de canales, el desmontaje, canales internos y drenaje, caminos internos y drenaje). Los costes relacionados con la **transferencia de tecnología** corresponden a los gastos de capacitación en los beneficiarios para indicar el funcionamiento y mantenimiento de la infraestructura y las maneras de implementar mejoras en sus unidades de producción. Se debe elaborar un calendario detallado de cada uno de las inversiones, con estimación del posible aumento de los costos.

ii. Costos de operación y mantenimiento

Los costos de **operación y mantenimiento** se registran durante la vida útil del proyecto y son los que permiten el buen funcionamiento del sistema; deberán estimarse considerando todos los costos correspondientes a los usos del agua cruda en proyectos de riego, hidrogenación, minería, agua potable, turismo, defensa fluvial y otros.

Los costos anuales de *operación y mantenimiento* son realizados para la distribución de agua desde la fuente hasta los usos y los gastos para las reparaciones de mantenimiento y de limpieza (personal operativo, energía, combustibles y labores de mantención como limpieza de canales, adquisición de repuestos y otros, operación de las presas, limpieza de estanques, etc.), los que dependen de cada proyecto en particular. En cuanto a los costos de operación y mantenimiento dentro de las parcelas, es necesario tener en cuenta la diferencia entre los costes de operación y mantenimiento del sistema de riego SP y CP. Dado que estos gastos son periódicos, deben proyectarse en el tiempo. Si la adopción del sistema por los usuarios es gradual, esto debería reflejarse en el flujo de costos.

Igualmente se deben incluir costos operativos asociados a cumplimiento de requerimientos ambientales.

4.1.5.3. Efectos secundarios, indirectos y externalidades del proyecto

Un proyecto también puede tener **otros efectos**, positivos o negativos, que deben incluirse en la evaluación socioeconómica. Estos efectos se observan en los mercados de bienes relacionados, sustitutos o complementarios, en los cuales el proyecto incide como oferente o demandante de bienes y servicios. Algunos efectos representan un beneficio para el país y otros un costo. Lo relevante son los efectos netos.

Los **efectos secundarios** provienen de las distorsiones que ocurren en los mercados de los insumos del proyecto, al igual que de los mercados que utilizan al producto de los proyectos como insumo. Por ejemplo, si el agua provista por el embalse se

utiliza en la agricultura para producir remolacha, la curva de oferta de ésta puede no representar el costo marginal social, pues pueden existir distorsiones en el precio de la mano de obra (impuestos al trabajo por caso) y su curva de demanda puede no representar el beneficio marginal social pues podría existir una distorsión en el mercado del azúcar (precio mínimo o banda de precios), que demanda remolacha en su proceso productivo.

En el caso de los bienes domésticos, para que existan efectos directos secundarios en los mercados de bienes o insumos debe ser cierto que han cambiado los precios y cantidades producidas o consumidas de los éstos y que existen distorsiones en los mercados. Los *efectos directos secundarios* pueden ser positivos o negativos y a efectos de la evaluación, lo relevante es el efecto secundario neto total.

Los **efectos indirectos** se observan en los mercados de bienes complementarios y los sustitutos con los que el proyecto producirá o en los que el proyecto utilizará como insumos (bienes relacionados con el proyecto). Si debido al proyecto cambia el precio del bien que se produce o de los insumos que utiliza, la posición de la curva de demanda de los bienes relacionados se traslada, lo que implica que cambien las cantidades consumidas, producidas y/o importadas o exportadas del bien relacionado, lo cual representa efectos en las cantidades que deben tenerse en cuenta en la evaluación social. Los efectos indirectos netos totales por período de tiempo se obtienen sumando los efectos en cada mercado relacionado. En el caso de los bienes transables (cuyo precio no se altera debido al proyecto), no hay efectos indirectos.

Como en el caso de los efectos secundarios, para que exista un efecto indirecto neto en una actividad relacionada, no basta que ocurran cambios en ella, sino que existan distorsiones en los mercados correspondientes. Los beneficios indirectos y secundarios pueden estimarse de la siguiente manera:

$$BSIS = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^u \Delta Z_{hj} * B_{hj}^s$$

Donde:

BSIS son los beneficios sociales indirectos y secundarios del proyecto;

ΔZ_{hj} son los aumentos netos, positivos o negativos, de los h bienes y servicios producidos indirecta y secundariamente por el proyecto en el propósito j ;

B_{hj}^s es el beneficio neto social indirecto, positivo o negativo, de los h bienes y servicios producidos indirecta y secundariamente por el proyecto en el propósito j ;

La evaluación social debe incluir también las **externalidades** positivas o negativas causadas por el proyecto sobre los mercados que son afectados por éste, aún cuando el mismo no participe de los mismos. Por ejemplo, los efectos sobre la red vial relevante cuando el proyecto, en régimen, provoca un impacto sobre la carga transportada en una determinada área. Asimismo, pueden existir beneficios y costos difíciles de cuantificar y/o valorar en términos monetarios. Por ejemplo, un proyecto puede afectar el clima de una región de influencia, afectando la

calidad de vida de una población dada. La evaluación debe incorporar estos efectos, aún cuando no pueda medirlos, a fin de todos los elementos determinantes sean analizados en la instancia de recomendación sobre la ejecución o no del proyecto.

Los beneficios netos por externalidades pueden estimarse de la siguiente manera:

$$BSX = \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^u \Delta E_{gj} * C_{gj}^s$$

Donde:

BSX son los beneficios sociales por externalidades del propósito j ;

ΔE_{gj} son los aumentos netos, positivos o negativos, de los h bienes y servicios producidos como externalidad por el proyecto en el propósito j ;

C_{gj}^s es el beneficio neto social indirecto, positivo o negativo, de los h bienes y servicios producidos como externalidad por el proyecto en el propósito j ;

La Figura N°4.B representa dos circunstancias generales, donde, desde el punto de vista económico social, se detecta, en el primer caso, la presencia de externalidades negativas a la producción y positiva en el consumo, respectivamente. En términos analíticos, se tiene que:

$$CMgS = CMgP + CMgE \quad (1)$$

$$BMgS = BMgP + BMgE \quad (2)$$

Donde:

CMgS es el costo marginal social

CMgP es el costo marginal privado

CMgE es el costo marginal de la externalidad

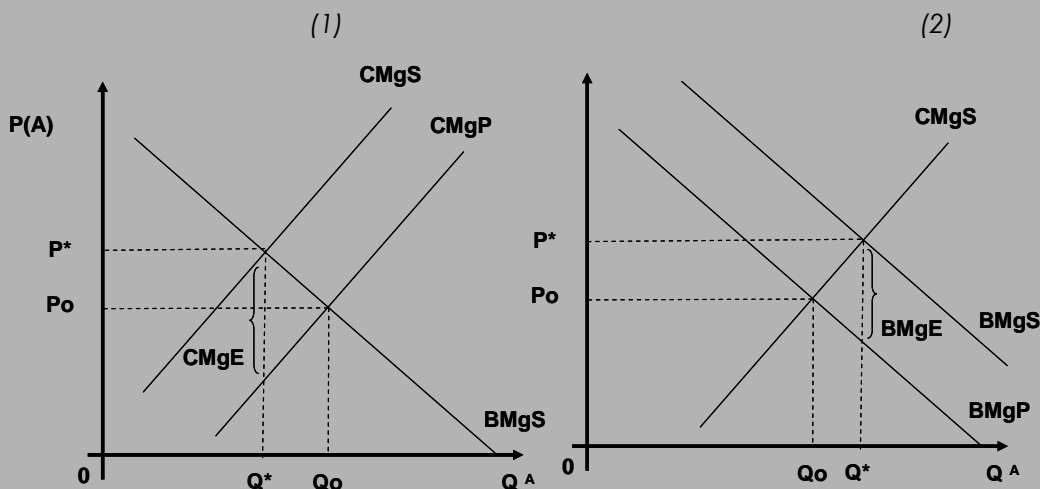
BMgS es el beneficio marginal social

BMgP es el beneficio marginal privado

BMgE es el beneficio marginal de la externalidad

Figura N°4.B

Optimización del sistema tarifario: resumen por tipo de usuario



Fuente: Elaboración propia en base antecedentes varios.

Según (1), la presencia de costos marginales externos genera que los costos sociales sean diferentes a los costos privados. En (2) la presencia de beneficios externos impone la diferencia entre beneficios privados y sociales en términos marginales o incrementales.

Una completa revisión de los efectos indirectos, secundarios y externalidades para embalses y obras hidráulicas anexas se presenta en el Apéndice B.

4.1.5.4. Efectos Intangibles

Corresponden al conjunto de beneficios y costos, que siendo externalidades son difícilmente cuantificables, medibles y tipificables. Si bien deben ser identificados, dificultades prácticas hacen que no se valoren. Por ejemplo, la *mejor distribución del ingreso* de la población y los *efectos geopolíticos en las zonas limítrofes* en las cuales se desea mantener asentamientos humanos por razones de *soberanía*. Estos efectos, por su naturaleza no pueden ser evaluados. Sin embargo, la formulación debe ser rigurosa en su identificación, con el fin de tener en cuenta en la decisión final todos los elementos determinantes.

4.1.6. Análisis de rentabilidad

El análisis de rentabilidad permite estimar los indicadores que servirán de guía para la toma de decisión y recomendación de ejecución del proyecto, su reformulación o su rechazo. La evaluación o valoración de los beneficios del proyecto implica la realización de dos etapas consecutivas: primero, la evaluación a precios privados y luego, la evaluación social.

La **evaluación a precios privados** permite estimar la factibilidad y viabilidad de las inversiones privadas asociadas al proyecto y estimar la pertinencia y conveniencia de establecer mecanismos de transferencias (subsidios o impuestos) cuando el valor actual neto de los beneficios privados es diferente del valor

actual neto de los beneficios sociales. Asimismo, la evaluación a precios privados permite identificar la potencialidad de financiamiento del proyecto por parte del sector privado.

La **evaluación social** tiene por objetivo desarrollar el análisis comparado de la conveniencia de realizar el proyecto desde el punto de vista social y considerando todos los propósitos. La evaluación desde el punto de vista de la sociedad puede hacerse a precios de mercado, siempre que dichos precios reflejen adecuadamente la escasez de insumos y productos desde el punto de vista social. En caso contrario deberían hacerse los ajustes correspondientes.

4.1.6.1. Indicadores de rentabilidad

Los principales indicadores de rentabilidad están dados por el valor actual de los beneficios y la tasa interna de retorno. El **Valor Actual Neto Social (VANS)** del proyecto estará dado por:

$$VANS = \sum_{i=0}^t \sum_{j=1}^n \frac{-I_0 + BSD_i^j + BSIS_i^j + BSX_i^j}{(1 + r^*)^i}$$

Donde:

VANS es el valor actual neto social del proyecto;

I_0 es la inversión inicial;

BSD_i son los beneficios sociales directos del propósito j ;

$BSIS_i$ son los beneficios sociales indirectos y secundarios del propósito j ;

BSX_i son los beneficios netos sociales por externalidades del propósito j ;

n es el total de propósitos del embalse (riego, minería, agua potable, turismo, defensa fluvial y control de crecidas y otros);

r^* es la tasa social de descuento;

t es el horizonte de evaluación social del proyecto.

Si el proyecto tiene VANS positivo, es conveniente su ejecución; en caso contrario debe recomendarse su rechazo o reformulación. Si el VANS es cero, en ausencia de otro tipo de consideraciones, la sociedad debería ser indiferente a ejecutar o no el proyecto. No obstante, al tomar la decisión sobre la ejecución del proyecto, deben considerarse todos los beneficios y costos que no pudieron ser debidamente cuantificados y valorados.

El otro indicador de rentabilidad habitualmente utilizado es la **Tasa Interna de Retorno Social (TIRS)**, la que mide la rentabilidad promedio que tiene un determinado proyecto, suponiendo que los flujos se reinvierten en el mismo proyecto y a una tasa constante. Matemáticamente, corresponde a la tasa de descuento que hace el VANS igual a cero. La TIRS se usa complementariamente al VANS, ya que son criterios equivalentes y se estima de la siguiente manera:

$$0 = \sum_{i=0}^t \sum_{j=1}^n \frac{-I_0 + BSD_i^j + BSIS_i^j + BSX_i^j}{(1 + p^*)^i}$$

Donde:

p^* es la tasa interna social de retorno;

El criterio de decisión al utilizar la TIRS es el siguiente: i) si $p^* > r^*$, es conveniente ejecutar el proyecto; ii) si $p^* < r^*$, no es conveniente ejecutar el proyecto.

La priorización de proyectos es relevante para el formulador cuando debe planificar el programa de inversiones y respetar la premisa de maximizar el bienestar social con los recursos disponibles.

Cuando **no existe racionamiento de capitales** y los **proyectos son independientes**, deben aceptarse todos los proyectos que tienen VANS positivo, a la tasa de descuento pertinente (Fontaine, 2001) y ordenarlos de mayor a menor de acuerdo a este indicador.

No obstante, cuando los proyectos son **interdependientes**, el orden dependerá de la tasa de descuento: a algunas tasas, convendrá un set de proyecto y a otras tasas, otro conjunto. Aún a pesar de lo anterior, el mejor criterio sigue siendo el de asignar los fondos a los proyectos de **mayor VANS**, dado que son aquellos que mayor aumento de la riqueza producen a la sociedad. De este forma, dados 2 proyectos A y B, debe calcularse el VANS de A, el VANS de B y el VANS de A+B y decidir entre las alternativas, aquella que tenga mayor VANS.

Cuando **no existe racionamiento de capitales** y los **proyectos son independientes**, deben aceptarse todos los proyectos con VANS positivo y ordenarse de mayor a menor de acuerdo a este indicador. (Fontaine, 2001). Sin embargo, cuando los proyectos son **interdependientes**, el orden dependerá de la tasa de descuento: a algunas tasas, convendrá un set de proyecto y a otras tasas, otro conjunto. No obstante, el mejor criterio sigue siendo el de asignar los fondos a los proyectos de **mayor VANS**, dado que son aquellos que mayor aumento de la riqueza producen a la sociedad.

Con **racionamiento de capitales**, si los **proyectos pudieran venderse**, el presupuesto se maximiza estimando el **IVANS**:

$$IVANS = VANS / VAIoS$$

Donde:

IVANS es el indicador de VANS por peso invertido;

VANS es el valor actual neto social de la inversión pública;

VAIoS es el valor actual de la inversión inicial estimado a precios sociales.

Ordenando los proyectos de acuerdo al **IVANS**, mayor a menor se agota el presupuesto, maximizando su valor. No obstante, el criterio del **IVANS** sólo es válidamente aplicable al caso de los **proyectos cuyas inversiones duran un año** y en que en los años siguientes no habrá restricciones presupuestarias.

Cuando la **restricción presupuestaria es de corto y mediano plazo**, un año por ejemplo, el criterio relevante es la **tasa imputada de retorno social (TIPRS $\square\square\square\Lambda_i$)**, que equivale a la TIRS de los años con restricción presupuestaria, suponiendo que esta luego se levanta. En forma generalizada, la TIPRS(m) puede estimarse a partir de:

$$VANS = IoS + \sum_{j=1}^{n-m} \frac{BNS(n-m)}{(1 + p^{\Lambda(n-m)^j})} + \sum_{i=n-m+1}^n \frac{BNS(i)}{(1 + r^*)^i}$$

Donde:

VANS es el valor actual neto social de la inversión pública;

IoS es la inversión inicial estimado a precios sociales (la inversión dura un año).

BNS($n-m$) son los beneficios netos sociales de los años de vida útil del proyecto en los cuales existe restricción de capitales;

$\square^{\Lambda(n-m)^j}$ es la tasa imputada de retorno de los años de vida útil del proyecto en los cuales existe restricción de capitales;

BNS(i) son los beneficios netos sociales de los restantes años de vida útil del proyecto;

r^* es la tasa social de descuento (igual para todos los períodos sin restricción de capitales);

m son los períodos sin restricción de capitales;

El argumento de **restricción temporal de capitales** resta aplicabilidad a la TIRS como criterio de priorización, ya que esta última supone que los fondos podrán reinvertirse permanentemente a la misma tasa. De este modo, si la tasa de descuento cambia dentro del horizonte de vida útil del proyecto, el procedimiento de descontar los flujos a una misma tasa no es correcto (Fontaine, 2001). Así, con racionamiento de capitales la regla recomendada consiste en calcular la TIPRS y ordenar los proyectos en forma decreciente de acuerdo a ésta hasta agotar el presupuesto. No obstante, la regla no será válida si no se agota exactamente el presupuesto¹³.

4.1.6.2. Horizonte de evaluación

El **horizonte de evaluación** corresponde a los años de vida útil del proyecto. En la mayoría de obras de aprovechamiento de agua es común utilizar un valor de 25 o 30 años. No obstante, con alta probabilidad las obras tienen una vida útil más allá de este período. Si es así, todos los beneficios netos que se producen a partir de ese momento, deben ser actualizados e incorporados como un beneficio, en la forma del *valor residual*.

¹³ Para mayores antecedentes revisar documento "Metodología de Priorización de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas", elaborado por el Departamento de Metodologías de la División Planificación, Estudios e Inversiones del Ministerio de Planificación.

4.1.6.3. Valor residual

Cualquiera sea el indicador de rentabilidad utilizado, el **valor residual**, estimado al cabo de la vida útil del proyecto, podrá ser estimado económicamente o por otro método, siempre que éste último se justifique adecuadamente. El *valor residual económico* se estima como el VANS del flujo futuro de beneficios netos del proyecto desde el año n (horizonte de evaluación) hasta el año $n+m$. No obstante, suele utilizarse frecuentemente un enfoque "ingenieril", denominado *valor patrimonial*, que estima el valor residual a partir de las funciones de deterioro de la infraestructura y las políticas de conservación aplicadas. A los fines de la presente metodología, ambos enfoques se consideran válidos en la medida en que sean adecuadamente respaldados con información fiable y verificable.

Debe tenerse en cuenta que cuando el proyecto multipropósito incluye el uso del embalse para defensa fluvial y control de crecidas, el *valor residual* estará determinado por la sedimentación acumulada en el embalse y la obstrucción del desagüe de medio fondo, que impide la evacuación de las aguas.

Por otra parte, el volumen de regulación puede aumentarse liberando caudal para riego u otros usos, lo cual contribuye a sacar parte del sedimento acumulado y aumenta la vida útil del embalse. Por ello, deberán valorizarse adecuadamente los costos de mantenimiento, conservación y limpieza de sedimento de los canales.

4.1.6.4. Precios sociales

Los **precios sociales** se definen como el costo económico o de oportunidad de los bienes y servicios producidos y consumidos por el proyecto. En situación de equilibrio competitivo, el "costo de oportunidad" de los factores de producción es igual a su precio de mercado. No obstante, cuando los mercados presentan distorsiones es necesario incorporar en la evaluación social las correcciones correspondientes para determinar los verdaderos costos de oportunidad de los factores. El Sistema Nacional de Inversiones actualiza e informa anualmente los diferentes precios sociales que se presentan a continuación.

La **tasa social de descuento** corresponde al costo de oportunidad social del capital o costo de oportunidad en que incurre el país cuando utiliza recursos para financiar proyectos. Estos recursos provienen del menor consumo (o mayor ahorro), menor inversión privada y financiamiento externo¹⁴. Las tasas de descuento a utilizar en la evaluación a precios privados, deben reflejar el costo del capital de cada sector y por tanto, ser estimadas para cada proyecto.

El **precio sombra de la divisa** corrige las distorsiones en los sectores de bienes y servicios transables internacionalmente (aranceles y/o subsidios) y está determinado por la oferta y demanda en conjunto con la estructura arancelaria.

¹⁴ De esta forma, la tasa social de descuento depende de la tasa de preferencia intertemporal del consumo, de la rentabilidad marginal de la inversión privada y de la tasa de interés de los créditos externos.

De esta forma, debe calcularse sobre la base del tipo de cambio del dólar observado (TC Obs.). La fórmula para el cálculo del precio social de la divisa es:

$$PSD = F * TCObs$$

Donde:

PSD es el precio social de la divisa;

F es el factor de ajuste social de la divisa;

TCObs es el tipo de cambio observado;

El **precio sombra de la mano de obra** se estima a partir del enfoque de eficiencia (Harberger¹⁵), adaptando su aplicación a las condiciones del mercado laboral. Corresponde al costo marginal en que incurre la sociedad por emplear un trabajador adicional de cierta calificación en una determinada actividad. Se entiende por *mano de obra calificada* a aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución requiere estudios previos o amplia experiencia (por ejemplo profesionales, técnicos, obreros especializados como maestros de primera, mecánicos, electricistas, artesanos, pintores, carpinteros u otros). *Mano de obra semi calificada* corresponde a los trabajadores que desempeñan actividades para las cuales no se requiere estudios previos y cuya experiencia no los califica para ser considerados mano de obra calificada. Está conformada por maestros de segunda, asociados a las tareas de albañilería, pintura, carpintería y otros. Por último, *mano de obra no calificada* corresponde a aquellos trabajadores que desempeñan actividades cuya ejecución no requiere de estudios ni experiencia previa; tal el caso de jornaleros, cargadores y personas sin oficio definido. La fórmula para el cálculo del precio social de la mano de obra es:

$$PSMO_j = G_j * WObs_j$$

Donde:

PSMO_j es el precio social de la mano de obra de calificación *j* (calificada, semicalificada, no calificada);

G_j es el factor de ajuste social de la mano de obra de calificación *j* (calificada, semicalificada, no calificada);

WObs_j es el salario bruto observado de la mano de obra de calificación *j* (calificada, semicalificada, no calificada);

Existen otros mercados en los cuales también se presentan distorsiones y en los cuales corresponde la estimación de precios sociales: MIDEPLAN también estima el **valor social del tiempo**, el **precio social del combustible y lubricantes** y la mano de obra de mantención. La Tabla 3 muestra las principales correcciones de precios.

¹⁵ Harberger, A. (2002). Ministerio de Planificación de Chile.

	Inversión Inicial	Operación, mantención, monitoreo y transporte
Terreno (expropiaciones)	Valor de Mercado sin corrección	N/A
Otros bienes e insumos nacionales	Valor de Mercado menos IVA	Valor de Mercado menos IVA
Materiales importables	(Valor de Mercado sin corrección IVA y menos aranceles) * PSD	(Valor de Mercado menos IVA y menos aranceles)* PSD
Gastos Generales y Utilidades	VM menos IVA	VM menos IVA

Tabla 3. Ajustes de otros precios sociales

Fuente: Elaboración propia en base SNI, MIDEPLAN (2010).

4.1.7. Análisis comparado de alternativas

Los indicadores calculados a partir del flujo de beneficios y costos de una alternativa de proyecto permiten determinar la conveniencia de avanzar hacia etapas superiores de evaluación. Los embalses, al interrumpir el cauce natural de un río, ponen a disposición de los usuarios un volumen de almacenamiento potencial que puede ser utilizado para múltiples fines (complementarios y sustitutos)¹⁶. Por ello deberán analizarse diferentes tamaños de proyecto con el fin de determinar el óptimo. Si las soluciones se componen de dos o más proyectos, lo correcto es evaluar cada proyecto por separado, aplicando el principio de *separabilidad de proyectos*, a fin de asegurar que los proyectos y subproyectos sean los más convenientes. En tal sentido, cada uno debe ser evaluado independientemente de los demás y si es pertinente, también en conjunto¹⁷.

Por otra parte, deben considerarse las habilidades de conducción de los canales, las capacidades de almacenamiento de las presas y cualquier otra optimización relacionada con el área de influencia del proyecto. Ello se logra sectorizando (o tramificando), a fin de delinear el proyecto en una zona determinada e ir evaluando el aumento gradual del tamaño al incorporar un nuevo sector. De esta manera, es posible evaluar la inversión adicional que requiere el aumento del tamaño del proyecto, que se extiende geográficamente, con los beneficios netos generados.

¹⁶ Por ejemplo, un uso de *maximización* requiere que el embalse esté lo más lleno posible, garantizando el mayor caudal regularizado; éste es el caso de los usos del agua para generación de energía eléctrica, riego, abastecimiento de agua potable o industrial, turismo, pesca deportiva y comercial, entre otros. Por el contrario, un uso de *minimización*, hará que el embalse sea más útil cuanto más vacío se encuentre al momento de recibir las crecidas; tal es el caso por ejemplo del control de crecidas.

¹⁷ Por ejemplo, en el caso de los proyectos de riego, deben considerarse separadamente las reparaciones de infraestructura existente, de la ampliación de canales y la limpieza e impermeabilización, ya que todos permiten recuperar la capacidad original del sistema.

Dado que el agua cruda embalsada es un insumo intermedio en la producción de otros bienes y servicios, su asignación entre los diferentes usos estará determinada por su productividad marginal en cada uno de los sectores.

4.1.7.1. Asignación del agua entre los diferentes usos

Suponiendo que el valor de la producción puede ser dividido en partes para poder asignarle a cada factor un valor correspondiente¹⁸ y curvas de demanda con pendiente negativa, puede determinarse la asignación del agua cruda entre los recursos a partir de una función de producción genérica para usos complementarios y sustitutos:

$$Y = f(OT, A)$$

Donde

OT son otros factores de producción (capital, trabajo y tierra);

A es el factor de producción agua;

Dadas las economías de escala y costos hundidos de una obra de este tipo constituyen una barrera estructural a la entrada, que impide la competencia potencial, debe establecerse un sistema de precios que permita alcanzar el óptimo social (o que al menos se aproxima lo más posible a éste), asignando el agua en forma eficiente entre los diferentes usos.

Los beneficios del embalse pueden definirse por medio de la siguiente función:

$$\Pi = p(q) * q - CT(q)$$

Donde:

p(q) es el precio social o valor económico por metro cúbico de agua embalsada;

q es la cantidad de metros cúbicos de agua embalsada;

CT(q) es el costo total del embalse.

La condición de maximización de beneficios indica que el embalse entregará la cantidad de metros cúbicos de agua tales que el ingreso marginal sea igual al costo marginal social:

$$\frac{\partial p}{\partial q} * q + p = \frac{\partial CT(q)}{\partial q}$$

¹⁸ Ello supone la estimación del valor del agua a partir del **cambio en el ingreso neto** e incorpora el concepto de disposición a pagar, ya que está relacionada con el ingreso neto del productor.

De este modo, la condición de maximización de beneficios asegura igualdad de beneficios y costos marginales, alcanzándose el óptimo social. Si los otros insumos son producidos en mercados competitivos, el agua se asignará entre los diferentes usos hasta el punto en que el ingreso marginal obtenido por consumir una unidad adicional sea exactamente igual al costo marginal de obtenerla en cada uno de los sectores, por lo cual debería cumplirse que:

$$V(A) = VPMgA(i); \forall i = 1, \dots, n$$

Donde:

VPMgA(i) es el Valor del Producto Marginal del Agua en el sector *i* (producto marginal del agua en el sector multiplicado por el precio del bien final de producción=.

V(A) es el valor económico del agua embalsada;

i son todos los usos potenciales del agua.

Este análisis supone que se conocen exactamente las funciones de producción de cada uno de los sectores, por lo cual puede derivarse el producto marginal y estimar la curva de VPMgA en cada sector y que no existirán precios distorsionados que inducirán a errores en la estimación. No obstante, si ello no ocurre, debe establecerse una política de precios que permita alcanzar el óptimo social (o que al menos se acerque a éste)¹⁹.

Sin embargo, por la condición de costo medio de largo plazo (CMeLP) decreciente, un oferente no regulado elevará el precio por sobre el costo marginal, evitando que la sociedad alcanza el óptimo. Por la importancia de determinar qué precio se debe cobrar por el metro cúbico de agua embalsada, se desarrolla una propuesta de sistema de precios óptima que se desarrolla en el documento "Propuesta Metodológica para la Tarificación y Subsidio Focalizado en Proyectos de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas"²⁰.

4.1.7.2. Tamaño, localización y momento óptimo

Habitualmente, la optimización del proyecto tiene relación con la determinación del tamaño, localización y momento óptimo de ejecución del proyecto. Sin embargo, por la naturaleza de los proyectos y suponiendo que las asignaciones del agua entre los usos competitivos se realiza a través de un sistema de precios

¹⁹ La ecuación anterior define las cuotas de asignación óptimas del agua y es determinante no sólo para estimar la rentabilidad agregada del embalse y las obras hidráulicas anexas, sino asimismo para determinar el tamaño óptimo de éste y la política de uso y gestión de los recursos embalsados.

²⁰ Departamento de Metodologías – División de Planificación, Estudios e Inversiones. MIDEPLAN (2011).

que determina el tamaño óptimo del embalse, el apartado se limitará al análisis de momento óptimo, suponiendo que la definición de la localización óptima ha sido ya parte del análisis a nivel de cuenca. No obstante, este supuesto puede levantarse e indicarse la efectiva necesidad de re-evaluar diferentes alternativas de localización como parte de la evaluación socio-económica de proyecto.

El **momento óptimo** indica la fecha de inicio de obras que maximiza el VANS del proyecto y puede estimarse a partir de éste, suponiendo que la inversión se atrasa o adelanta un período. Si el VANS de atrasar el proyecto es menor que el estimado iniciando ahora las obras, la recomendación es materializar a la brevedad la iniciativa. Por otra parte, si el VANS de postergar el proyecto es mayor, éste debe postergarse y calcularse nuevamente el VANS de continuas postergaciones del proyecto hasta que se encuentre la relación:
 $VANS(n) > VANS(n+1)$

Donde:

n y n+1 son los últimos flujos considerados en la evaluación del proyecto.

En función del ajuste en el tiempo de inicio de la ejecución de un proyecto se debe considerar y estimar las variaciones de los beneficios y/o costos de inversión del proyecto en función de los cambios en la programación inicial. Esta situación es frecuente en proyectos por ejemplo de agua potable, donde los beneficios netos del proyecto dependen del crecimiento de la población (la que crece en general a medida que crece el tiempo). Al estimar el momento óptimo de ejecutar un proyecto deberán considerarse los costos de interferencia, crecientes en el tiempo en áreas densamente pobladas, y por otra parte, el desarrollo tecnológico que permite disponer de técnicas de construcción abaratando costos de inversión y de interferencia (por ejemplo, el excavamiento subterráneo o soterramiento de obras hidráulicas). No obstante, este análisis no se justificará en este tipo de proyecto si no se esperan cambios considerables hacia el alza en los beneficios potenciales del proyecto.

4.1.8. Análisis de riesgo

El modelo de evaluación presentado tiene carácter determinista; es decir, las variables toman valores únicos conocidos con certeza una vez que se han establecido las condiciones y los parámetros de la obra y el volumen de demanda a atender. Sin embargo, existe un conjunto de factores que hacen que el VANS *ex ante* no coincida con el VANS *ex post*; entre ellos, la falta de predictibilidad sobre el comportamiento de variables exógenas y endógenas. De esta forma, dado que cada una de estas fuentes de incertidumbre tiene un impacto diferente sobre los valores finales del VANS, resulta necesario seguir un proceso riguroso de modelización de la incertidumbre y análisis del riesgo, que permita centrar los esfuerzos de análisis en aquellos elementos cuyo efecto relativo es mayor.

A efectos del análisis de riesgo, se define a la incertidumbre como la existencia de varios resultados posibles asociados a un mismo proyecto y cuya ocurrencia depende de diferentes circunstancias. Por ello, dado que no existirá certeza

perfecta sobre los flujos de cada período el VANS será también una variable aleatoria, siendo menor su utilidad predictiva.

La incertidumbre, en un sentido estricto, implica la ocurrencia de contingencias diferentes que afectan al flujo de beneficios y costos; por ejemplo los precios de los productos agrícolas transables externamente o los rendimientos productivos de los cultivos. En este sentido, la incertidumbre puede ser específica del proyecto o externa. También suele incluirse dentro del análisis de incertidumbre, el valor social del capital o las elasticidades precio de la demanda.

Además de los factores exógenos, los factores humanos pueden hacer que un proyecto no se ajuste a lo esperado: errores de predicción de demanda, en el diseño de la obra o en la confección del presupuesto pueden inducir a la recomendación de proyectos no rentables (y viceversa).

La modelización del comportamiento aleatorio del proyecto debe realizarse con el objetivo de obtener el máximo beneficio de la información disponible, mediante la utilización de todos los valores que razonablemente se espera que tomen las variables relevantes así como sus respectivas probabilidades de ocurrencia.^j

4.1.8.1. Modelación de la incertidumbre

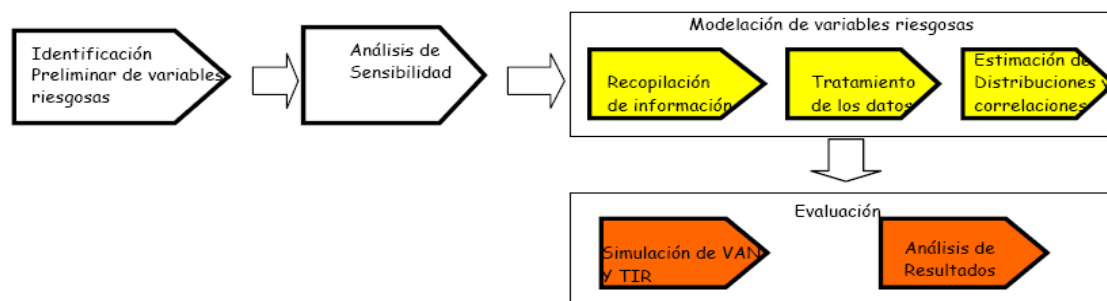
Las principales etapas en un proceso formal de modelización de la incertidumbre y análisis del riesgo de un proyecto de inversión son las siguientes²¹:

1. Planteamiento formal del proyecto.
2. Selección de las variables de riesgo y análisis de sensibilidad.
3. Modelización de las distribuciones de probabilidad.
4. Simulación de posibles resultados del proyecto.

La Figura 10, resume un procedimiento simplificado para incorporar la incertidumbre en la evaluación socio-económica de proyectos hidráulicos.

²¹ Manual de evaluación económica de proyectos de transporte (2006). Interamerican Development Bank.

Figura 10. Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación bajo incertidumbre



Fuente: En base a "Estudio Análisis para el Mejoramiento del Proceso de Evaluación de Proyectos de Riego" (Universidad de Chile, 2007) para la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas.

Con independencia del enfoque de evaluación económica, debe estimarse un **modelo simplificando la realidad**, a partir de las relaciones fundamentales existentes entre las variables, con el fin de predecir los flujos de beneficios y costos y poder estimar el VANS.

Los principales factores que introducen que incertidumbre en la evaluación económica de los proyectos, no excluyentes entre sí, corresponden a: i) costos de inversión o explotación (por ejemplo retrasos que afecten a la duración de las obras y/o desviaciones no previstas de costos); ii) beneficios (por ejemplo fallas en la estimación de la elasticidad ingreso o precio de la demanda); iii) dificultades para predecir los equilibrios Con y Sin Proyecto. En el caso específico de los proyectos de riego, a las anteriores deben sumarse las fuentes de información histórica y la inexactitud, incompletitud o contradicción de la misma.

Dentro del conjunto de **variables a modelar** y que determinan la rentabilidad del proyecto, deben elegirse sólo aquellas con mayor probabilidad de cambio y que si lo hicieran modificarían significativamente los resultados del proyecto. Si bien las variables dependen de cada proyecto en particular, en general las siguientes variables muestran mayor sensibilidad:

- Costos de inversión del proyecto, cambios en los precios unitarios y cantidades contratadas
 - Maquinaria
 - Mano de obra
 - Materiales
 - Obras no consideradas
 - Imprevistos
 - Expropiaciones
 - Consideraciones ambientales
- Costos asociados a la ejecución temporal de las obras

- Variabilidad en los tiempos de ejecución
- Administración del proyecto
- Cambios en los precios de los insumos
- Actividades no consideradas
- Otros: imprevistos, expropiaciones y consideraciones ambientales
- Costos asociados a la operación de la infraestructura
 - Fluviometría y pluviometría
 - Clima
 - Cambio en valor de propiedades
 - Valor residual, asociado a la sedimentación y reposición de los niveles de servicio del embalse y obras hidráulicas anexas
- Beneficios
 - Precios de venta de los productos en los cuales el agua cruda es un insumo.
 - Productividad del agua cruda en cada uno de los sectores.
 - En el caso específico de los proyectos de riego, superficie bajo riego, rendimientos y estructura de los cultivos, precios de los cultivos, tasa de incorporación de tecnología y otros.
 - Valor producción minera.
 - Tasa de crecimiento de la población beneficiada por Agua Potable.
 - Velocidad de crecimiento productivo, maduración de los mercados y cambio en las variables asociadas a la urbanización (población y nivel socioeconómico, entre las principales).
 - Velocidad de crecimiento del desarrollo de nueva infraestructura de conectividad: caminos, puertos, vías férreas, otras.
 - Desarrollo de nuevos mercados (turismo, recreación y otros).

Una vez identificadas las variables con mayor incertidumbre, debe realizarse un **análisis de sensibilidad** que permita cuantificar el efecto de cada variable sobre la rentabilidad del proyecto. Este análisis permite al evaluador centrar la búsqueda y recopilación de información sólo a aquellas variables que tienen un efecto importante sobre la rentabilidad. Podrían excluirse, por tanto, las variables que cumplieran una de las dos condiciones siguientes: i) tienen alto impacto si cambian, pero es improbable que cambien; ii) es muy probable que cambien, pero si lo hacen su impacto no es significativo.

La **sensibilización** se realiza midiendo la variación porcentual de los indicadores de rentabilidad ante variaciones porcentuales en las variables analizadas, siguiendo la siguiente expresión:

$$\Delta\%VANS = \frac{VANS(+ - 10\%) - VANS\text{Base}}{VANS\text{Base}}$$

Donde:

$\Delta\%VANS$ es el cambio porcentual en el VAN del proyecto al modificar la variable bajo análisis;

$VANS(\pm 10\%)$ es el VANS del proyecto al modificar en un $\pm 10\%$ el valor de la variable;

$VANS\text{Base}$ es el VANS del proyecto calculado "bajo certidumbre" de la variable.

Una vez calculado el cambio porcentual del VAN del proyecto se calcula la elasticidad del VAN con respecto a la variable bajo análisis:

$$Elasticidad(VANS, X) = \frac{\Delta\%VANS}{(\Delta X\%)}$$

Con esta información se priorizan las variables riesgosas del proyecto y se seleccionan para pasar a la etapa de recopilación de información, sólo aquellas variables que muestren un impacto significativo sobre la rentabilidad del proyecto; por ejemplo, aquellas cuya sensibilidad es mayor que 1 en valor absoluto.

Para la **obtención de la información histórica** de las variables seleccionadas en la etapa anterior debe recurrirse en primera instancia a fuentes de información secundaria, las que son particularmente útiles en el caso de precios de productos agrícolas para proyectos de riego. Básicamente, se recomienda recopilar datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), la Oficina Nacional de Planificación Agrícola (ODEPA), la Dirección Nacional de Aduanas, la Comisión Nacional de Riego, el Ministerio de Agricultura, la Superintendencia de Servicios Sanitarios, la Superintendencia de Energía y Combustibles, el Ministerio de Minería y toda otra institución pública o privada que disponga de información relevante.

Para aquellas variables que no existe información secundaria disponible, se debe analizar la alternativa de levantar directamente esa información; es el caso por ejemplo de variables tales como costos de inversión, estructuras de cultivos, tasas de incorporación al riego y otras de diferente índole. Necesariamente, recoger esta información implica un costo adicional relativamente alto, por lo cual esta tarea debe justificarse desde el punto de vista de los beneficios potenciales que se espera obtener.

En relación al **tratamiento de los datos**, éstos deben ser expresados en moneda de un año base ($\text{Valor año base} = \text{Valor año } i * (\text{IP año base} / \text{IP año } i)$). Dependiendo de la variable que se quiera actualizar, podrá utilizarse el índice de precios al consumidor (IPC) o índice de precios al por mayor (IPM).

El segundo paso consiste en analizar la consistencia de los datos, dado que es frecuente observar series históricas con errores de consistencia en los datos; ello requiere revisar los datos históricos para detectar valores omitidos o valores que difieran sustantivamente de los restantes. En general, se sugiere eliminar aquellos registros que se alejen notoriamente de las tendencias y/o que reflejen errores en el mecanismo de captura o registro de la información histórica (el análisis gráfico permite también identificar los cambios estructurales, que se identifican por una discontinuidad en la serie) ²².

²² En el Apéndice A se exponen mayores consideraciones relacionadas a este tema. Los cambios estructurales pueden estar provocados, por ejemplo, por cambios en las políticas regulatorias, de

La elección del rango y del tipo de **función de distribución de probabilidad** es un ejercicio de predicción basado en datos del pasado y en las expectativas futuras de comportamiento de la variable. Cuando no se dispone de una función que permita calcular directamente el valor de una variable dependiente Y en función de otra independiente X, sino que la información está distribuida de forma discreta, se hace necesario emplear métodos de interpolación que permitan obtener una aproximación en cualquier punto del dominio. Entre los posibles métodos de interpolación se sugieren la lineal, la exponencial y la logarítmica. Si no existen suficientes datos históricos para alguna variable (en general no debe usarse menos de 10 años considerando series mensuales), se recomienda suponer una distribución triangular, con valores medio, máximo y mínimo obtenidos de datos históricos.

En el caso de los proyectos de riego, para **modelar precios de commodities** se supone que los precios siguen un *Proceso de Wiener* generalizado (tiene un desvío constante μ y una varianza constante σ^2). Ello supone que el drift y la varianza son una proporción del precio S y puede mostrarse el modelo de comportamiento, conocido como Movimiento Browniano Geométrico, a través de la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$\frac{ds(t)}{dt} = \mu[t, S(t)]dt + \sigma[t, S(t)]dWt$$

Para la simulación de precios con este tipo de modelo, se utiliza la ecuación:

$$LnST = \left[LnS + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma \sqrt{T} \xi \right]$$

Donde:

$$\xi \sim N(0,1)$$

En el caso de la evaluación de un proyecto, el período mínimo de tiempo es un año, por lo tanto cada salto de tiempo es de valor 1, motivo por el cual el término \sqrt{T} se transforma en uno. Los movimientos brownianos tienden a alejarse de sus valores iniciales, lo cual es apropiado para algunas variables como los precios de los activos especulativos pero, en otros casos, aunque los valores de corto plazo se muevan aleatoriamente, en el largo plazo tienden a ajustarse hacia promedios históricos o a precios de equilibrio (ver Apéndice A).

Para **otras variables** es posible utilizar algún software comercial que permita determinar la curva de distribución de probabilidades que mejor ajusta a una serie histórica en particular. Una vez analizadas distintas funciones de distribución, se debe seleccionar la que presenta un mejor ajuste a los datos históricos. Para series de datos discretos – como es el caso de las series históricas – se debe utilizar el estadígrafo Chi Cuadrado para determinar la bondad del ajuste. Este estadígrafo mide cuán bien se ajusta la distribución a los datos ingresados y cuán confiado se puede estar de que los datos fueron generados a partir de esa función de distribución. En todo caso, cualquier ajuste que se realice no puede construirse con menos de 5 datos históricos, y se recomienda trabajar con al menos 10. Se debe tener presente que mientras menor es el valor de este estadígrafo, mejor es el ajuste que presenta la función de distribución. (Ver Apéndice A)

tipo de cambio, tributarias o de intervenciones en los precios de mercado por parte del Estado (fijaciones de precios máximos o mínimos o bandas de precios).

En ocasiones puede ser necesario que el analista defina el rango de la función de distribución. Este puede ser el caso cuando la función de distribución tiene un límite finito y conocido. Por ejemplo, en el caso de los precios, se sabe que el valor de esta variable no puede adoptar un valor inferior que cero.

Una vez determinadas las funciones de distribución de las variables, se incorpora esta información en el flujo de caja del proyecto, lo que permite generar una **función de distribución para el VANS** del proyecto. La forma más habitual de tratar la incertidumbre en la evaluación económica consiste en utilizar programas de simulación en los que los cálculos del modelo especificado para hallar el VANS se ejecutan un número muy elevado de veces, tomando en cada una de las iteraciones el valor fijo de las variables deterministas y eligiendo para las variables de riesgo, de manera aleatoria, un valor de acuerdo con su distribución de probabilidad²³.

Por ejemplo, si el resultado de un proyecto depende de su demanda, alta (igual a 120) o baja (80) y la información disponible indica que ambas contingencias son igual de probables, el beneficio bruto es:

$$\frac{1}{2}120 + \frac{1}{2}80 = 100.$$

Si para obtener estos beneficios esperados hay que invertir 90 y el que toma la decisión es neutral al riesgo, el VANS esperado del proyecto es igual a:

$$E(\text{VANS}) = -90 + \frac{1}{2}120 + \frac{1}{2}80 = 10 > 0.$$

De acuerdo con este resultado, el proyecto debería realizarse. Sin embargo, en promedio la mayoría de los individuos consideraría este proyecto "arriesgado", ya que una vez invertido el dinero, la demanda sería alta o baja con igual probabilidad y por tanto que el beneficio fuese positivo (beneficios de 30) o negativo (pérdidas de 10) sería idéntico a obtener cara o cruz tras lanzar una moneda al aire.

Algunos inversores, adversos al riesgo, no invertirían en un proyecto como éste y al rechazarlo estarían revelando que la equivalencia en términos ciertos de los beneficios brutos probables no es el valor esperado sino una cifra inferior (a 90 en este ejemplo). Reducir el valor de los beneficios esperados hasta que equivalgan a una cifra de beneficios ciertos es similar a añadir una prima de riesgo a la tasa de descuento.

En la práctica, los resultados probables no suelen ser los extremos, sino todos los valores posibles entre 80 y 120, con lo que aunque el valor esperado sigue siendo 10, se dispone de un conjunto de valores con sus respectivas probabilidades y que son de utilidad para la toma de decisiones. Por ejemplo, si se supone que los valores de la demanda variarán con igual probabilidad entre 80 y 120, puede utilizarse una distribución uniforme (que asigna la misma probabilidad $1/41$ a cada valor esperado). Cualquier programa informático de análisis de riesgo permite realizar en poco tiempo un número alto de extracciones, eligiendo en cada un valor aleatorio de la demanda entre 80 y 120 de acuerdo con la distribución uniforme especificada. Esto hace que la demanda en nuestro modelo de evaluación sea una variable aleatoria en lugar de una determinista y, consiguientemente, el VANS no será tampoco determinista, sino aleatorio, con su propia distribución de probabilidad.

²³ Ello puede hacerse mediante una simulación, la que pueden ejecutar con apoyo de softwares especializados tales como Crystallball, @Risk, o con macros sobre Excel.

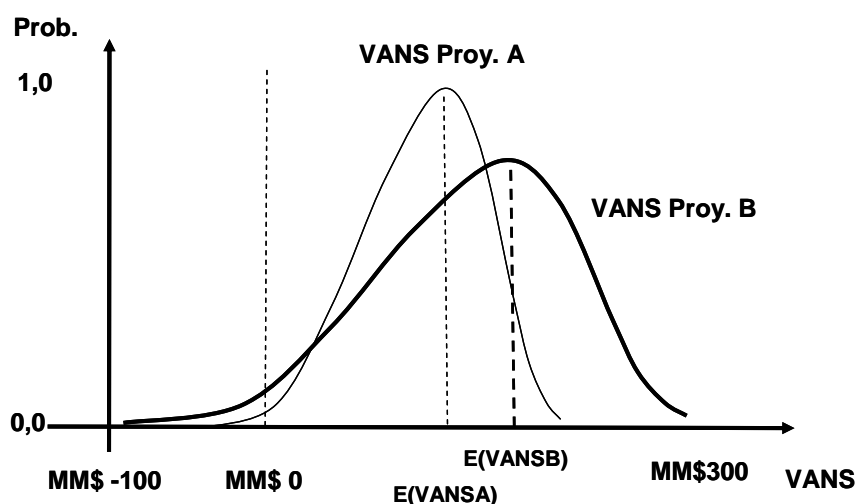
Una vez que el programa informático ha realizado un número suficientemente alto de iteraciones, los resultados obtenidos pueden mostrarse como una función de distribución de probabilidad, que permite calcular la probabilidad asociada a que el VANS del proyecto se sitúe por encima o por debajo de un determinado valor, o dentro de un intervalo de valores posibles.

Obviamente, el riesgo del proyecto es exactamente el mismo con el análisis simple de valores esperados, que con un test de sensibilidad, con la utilización de escenarios o con simulaciones de Montecarlo; sin embargo, el riesgo de tomar una decisión equivocada disminuye tras un análisis de riesgo adecuado. Asimismo, cuando la decisión se refiere a elegir qué proyecto de inversión debe realizarse, ésta debe formularse teniendo en cuenta si existen o no otros proyectos alternativos.

4.1.8.2. Criterios de decisión en condiciones de incertidumbre

Cuando la selección depende del riesgo y del resultado financiero y debe decidirse entre los proyectos A y B con distribuciones de probabilidad acumulada que se cortan, la elección también dependerá del VANS de ambos proyectos y del riesgo asociado a los mismos: si el VANS es positivo en ambos casos, debe elegirse el que tenga un VANS esperado mayor, a menos que la mayor variabilidad del proyecto aconseje decantarse por un proyecto de menor VANS pero de menor riesgo. Por ejemplo, en el caso representado en la Figura 11, la elección del proyecto de mayor VANS esperado (B) tiene asociado un mayor riesgo que el proyecto de menor VANS esperado (A). Si el decisor es neutral al riesgo, la elección del proyecto B (mayor valor esperado pero mayor variabilidad) es el criterio de decisión, pero si la autoridad no desea asumir la mayor probabilidad de obtener un VANS negativo en B, habría que examinar con más detenimiento la naturaleza del riesgo de estos proyectos.

Figura 11. Distribución de frecuencia de los resultados del VANS mediante Crystalball



Fuente: Elaboración propia en base a "Manual de evaluación económica de proyectos de transporte (2006)". Interamerican Development Bank.

Un indicador adicional de utilidad es el Value at Risk (VaR) o pérdida máxima en que se espera incurrir con un determinado grado de confianza y en un intervalo de tiempo dado. Por ejemplo si el VANS esperado de un proyecto es \$302.574.448 y del análisis de probabilidad se obtiene que en un 95% de los casos éste será al menos igual a \$185.671.450, el VaR o pérdida máxima será de \$116.902.998 con un 5% de probabilidad en los n años de vida útil del proyecto²⁴. Otros indicadores se presentan en el Apéndice A.

4.1.9. Evaluación ex post del Proyecto

La evaluación ex post de proyectos es una herramienta de suma utilidad para retroalimentar las metodologías de evaluación ex ante, al revisar los efectivos resultados obtenidos a partir de la ejecución del proyecto. Además de la identificación de beneficios y costos adicionales para retroalimentar la evaluación ex ante, la evaluación ex post permite revisar supuestos y parámetros y calibrar incluso los desarrollos metodológicos en función de los beneficios y costos efectivos.

La aplicación de evaluaciones ex post suele revestir amplia complejidad por la carencia de datos y antecedentes viables que permitan realizar el análisis. Por ello y sólo a modo general, se desarrolla una propuesta de lineamientos generales para el establecimiento de una línea de base que al menos permita, en el mediano y largo plazo, medir beneficios y costos ex post desde los ámbitos social y productivo en proyectos de embalses y obras hidráulicas anexas. Los lineamientos se desarrollan en el Apéndice C.

4.1.10. Consideraciones finales

El presente documento resume los principales aspectos relacionados a la formulación y evaluación social de proyectos hidráulicos multipropósito y constituye una actualización de la metodología de formulación y evaluación de proyectos de riego de MIDEPLAN.

La evaluación o valoración de los beneficios y costos de un proyecto implica la realización de dos etapas consecutivas: primero, la evaluación a precios privados de los beneficios y costos y luego, la evaluación social. El objetivo de ésta es disponer de una herramienta adicional para la toma de decisiones, no constituyendo la decisión en sí misma. La importancia y relevancia del instrumento dependerá de las preferencias de la sociedad en términos de la rentabilidad esperada de la inversión pública.

En general las políticas de manejo del agua de recursos hídricos tienen amplios efectos, no sólo sobre el desarrollo económico y social; en particular, el proceso de decisión requiere la comparación de beneficios y costos y la asignación del agua embalsada entre los usos competitivos, analizando el sistema multipropósito en su conjunto.

²⁴ Este análisis supone que el VANS medio corresponde a la situación base; pero si esta corresponde a la situación sin proyecto, donde VANS igual a 0, el VaR sería cero.

La aplicación del *análisis beneficio costo* en evaluación social de proyectos exige desarrollar experiencia para distinguir el ámbito de estudio de una inversión y las fronteras que existen entre las situaciones SP y CP, con el propósito de “medir mejor” los resultados. En este sentido, un desafío importante es avanzar en el desarrollo de evaluaciones ex - post del desempeño de los proyectos y constituir un mecanismo de recolección de buenas prácticas.

Si se espera maximizar la utilidad social, deberían ejecutarse sólo aquellos proyectos cuyo VANS es máximo; en cambio, si se pretende maximizar la ejecución presupuestaria, manteniendo un criterio de eficiencia en la asignación de los recursos, deberían ejecutarse los proyectos con VANS positivo (o TIRS mayor a la tasa social de descuento). Asimismo, se sugiere la incorporación de modelación matemática y el desarrollo de instrumental computacional para permitir la evaluación integral de proyectos de embalses multipropósito, incorporando el análisis de riesgo como herramienta para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre al permitir disponer de un conjunto más amplio de indicadores para establecer la conveniencia de ejecutar uno u otro proyecto.

Será decisión de la autoridad el camino a seguir, dado que aunque indudablemente la evaluación contribuye a la toma de decisiones mejor informadas, puede que no sea capaz de reflejar, en términos monetarios, todos los beneficios y costos del proyecto, ni sus impactos sociales. Por lo expuesto, el proceso de elaboración metodológico debe continuar a partir de un proceso más amplio y profundo de análisis.

4.2. Metodología Para La Estimación De Beneficios Por Riego

Un sistema de riego es básicamente un conjunto de obras destinadas a la captura, transporte, distribución y regulación de los recursos hídricos, desde su captación hasta los puntos de entrega, con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los recursos, regular la temporada agrícola, aumentar la rentabilidad en el uso de los recursos hídricos, incorporar nuevas tierras a la producción agrícola y mejorar los ingresos de las que en la situación sin proyecto igualmente se riegan.

Así, a través de los proyectos se persigue dar garantías a los beneficiarios respecto de los siguientes aspectos: i) que dispondrán del volumen de agua que necesitan y que esta disponibilidad será oportuna; ii) que tendrán cierto grado de seguridad en la disponibilidad de agua, es decir, se garantiza un cierto grado de fiabilidad que el agua estará disponible durante el tiempo de espera; iii) que se sabrá con anticipación al período de riego el agua que podrá ser captada.

Los proyectos relacionados con riego se definen como: i) ampliación y mejora de las infraestructuras o el sistema de riego existentes; ii) construcción de nuevas obras; iii) drenaje del potencial de las tierras agrícolas; iv) transferencia de tecnología para mejorar los sistemas de aplicación de agua y; v) cambios en los sistemas de producción que ya existen a fin de optimizar la utilización de los recursos hídricos disponibles.

Las funciones de cada una de las obras corresponden a: i) **captación**: aquéllas que permiten extraer el recurso desde su fuente natural para luego distribuirlo al área donde

se utilizará, siendo las más típicas las bocatomas y los pozos; ii) **conducción**: permitir trasladar el agua desde la captación hasta las obras de regulación o de distribución; iii) **distribución**: redes de canales secundarios y terciarios que llevan el agua desde un canal matriz (obra de conducción) hasta los predios; incluye marcos partidores, compuertas, cámaras y estructuras de medición del flujo de agua; iv) **regulación**: almacenamiento del recurso hídrico durante los períodos en que no es utilizado, para ser usado cuando se produzca el déficit o para aumentar la superficie bajo riego, buscando independizar la disponibilidad del agua de los eventos climáticos. Dentro de estas categorías se incluyen los embalses de regulación anual y multianual y los tranques de regulación nocturna o de temporada.

4.2.1. Formulación de proyectos de riego

Los proyectos de riego por lo común tienen incidencia sobre la producción de una gran cantidad de productos agrícolas presentes en la zona del proyecto, así como en gran cantidad de insumos utilizados en su producción. La recopilación de antecedentes debe lograrse a través de la revisión de información bibliográfica y mediante visitas al área de estudio. Una vez recopilada la información, se debe analizar en forma crítica, con el propósito de calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del estudio y determinar con precisión aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y en ciertos casos generar. En forma complementaria a los antecedentes que se presentan a continuación, se sugiere revisar los Apéndices D y E.

4.2.1.1. Estudios básicos para proyectos de riego

Para la detección de las potenciales áreas de riego es necesario efectuar un reconocimiento detallado de los **suelos** con el fin de determinar las reales posibilidades de producción²⁵. Para ello se debe efectuar un completo recorrido en terreno con el propósito de hacer una revisión de las principales unidades cartográficas, definiéndose para cada una de ellas, las clasificaciones técnicas: clase y sub-clase de capacidad de uso, categoría y subcategoría de riego, clase de drenaje, aptitud frutal, aptitud agrícola y erosión. Esta clasificación técnica se debe llevar a cabo tanto para la situación actual como para la potencial. En el caso específico de aquellos proyectos que poseen información previa de estudios de suelos a nivel de detalle, se debe analizar dicha información a través de una inspección general en terreno. Además, el estudio debe incluir la caracterización general del área, la descripción de series de suelos, rango de variación y la ubicación geográfica. En aquellos proyectos donde se utilicen suelos sobre cota de canal, es recomendable elaborar un mapa con el uso actual de los suelos, de forma de contar con la cota piezométrica necesaria para efectuar los cálculos correspondientes a las elevaciones mecánicas.

El informe o estudio de **clima y agroclima** debe elaborarse en función de las fuentes de mayor actualización²⁶.

²⁵ Para proyectos de riego se recomienda realizar a una escala de terreno de 1:20.000 y para proyectos de drenaje una escala 1: 5.000 o menor.

²⁶ La fuente más actualizada corresponde al Atlas Agroclimático de Chile, elaborado por la Universidad de Chile para las regiones IV, V, RM, VI, VII y VIII. En el caso de regiones no cubiertas por dicho trabajo, el estudio denominado Mapa Agroclimático de Chile del INIA es el que posee la

Para el análisis de la **población objetivo**²⁷ el área de influencia debe subdividirse en sectores de riego de acuerdo a la extensión y heterogeneidad que ésta presente, de la situación actual y potencial de riego, de la información generada del estudio de suelos y clima y de la respectiva adaptabilidad de las distintas especies.

La determinación de los **estratos de tamaño** debe ser efectuada previa la aplicación de la encuesta y deberá representar en la forma más real posible la situación que actualmente enfrenta la zona. La estratificación debe realizarse esencialmente en base a la información proporcionada por el Censo Nacional Agropecuario del INE y antecedentes previos recopilados en la zona²⁸.

Los **aspectos sociales** deben también ser considerados, caracterizando la población comunal en sus aspectos socio-económicos y realizando encuestas en terreno si ello fuera necesario²⁹.

Por último, es necesario analizar los **mercados** con el objeto de estimar la evolución de los precios en los distintos mercados. Este estudio deberá abordar el análisis de comercialización y precios de productos e insumos tanto para la situación SP como para la CP. Ello permitirá determinar aquellos productos que son potencialmente atractivos y para los cuales se propondrá su incorporación o intensificación en el área de influencia del proyecto³⁰.

Los efectos de los tratados de libre comercio deben ser incorporados en todos los mercados, ya que el escenario para cada producto agrícola puede sufrir importantes cambios respecto de la situación actual e histórica. Además, es necesario determinar la evolución histórica de la superficie destinada a cada cultivo y de la estructura productiva en la región, provincia, comuna o área del proyecto.

mayor cobertura nacional y la información contenida, al igual que en el estudio de la U. de Chile, es mensual, pero ya que los distritos son muy amplios, es necesario complementarlo con el elaborado por CIREN CORFO (Atlas Agroclimático de Chile). Con respecto a la información de Evapotranspiración Potencial, ésta debe ser verificada utilizando el estudio "Cálculo y Cartografía de la Evapotranspiración Potencial en Chile" elaborado por Ciren-CORFO y la Comisión Nacional de Riego, 1997.

²⁷ Con respecto a la determinación del universo de usuarios, se debe señalar que la información contenida en distintas fuentes (Ortofotos de Ciren Corfo, Catastro de Usuarios de la Dirección General de Aguas (DGA), Rol Extracto Agrícola del Servicio de Impuestos Internos (SII), Base de Datos Prediales del VI Censo Nacional Agropecuario del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y listados de usuarios de las Asociaciones de Canalistas), generalmente no es concordante, ya que éstas se encuentran desfasadas en el tiempo, por lo que la obtención del universo predial debe efectuarse a través de una complementación de las distintas fuentes.

²⁸ Debe recalcar que es esencial realizar la estratificación por tamaño predial con base en las tipologías de agricultores, siendo necesario agrupar los predios de acuerdo a un mismo propietario y no trabajar a nivel de rol individual.

²⁹ Los antecedentes sociales deben ser recopilados mediante la revisión bibliográfica disponible en el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Ministerio de Planificación (MIDEPLAN) y Municipalidades.

³⁰ La selección de los rubros a analizar debe basarse en la información proporcionada por las encuestas censales del último censo nacional agropecuario disponible (INE), ODEPA, Catastro CORFO, la recogida en la encuesta muestral agropecuaria y en la obtenida en los Estudios de Casos. Los rubros más importantes de analizar serán aquellos que ocupan la mayor superficie en el área del proyecto y que, además, pueden ser representativos de otros por sus similitudes fisiológicas y de rentabilidad.

4.2.1.2. Estructura de cultivos

La determinación de los cultivos correspondientes a las situaciones de cultivo CP y SP permite identificar los efectos que produce el proyecto. Éste tendrá beneficios si debido a su ejecución se han incorporado nuevas hectáreas cultivadas, si el agua se utiliza para rotar los cultivos o si se produce un cambio en el tipo de cultivos en la zona, entre otros. Es importante precisar cuándo se observarán los cambios, ya que de ellos depende la determinación de beneficios.

La información relevante para construir la estructura de cultivos adecuada es la asociada a la superficie beneficiada y a los cultivos. La estructura de los cultivos se proyecta sobre la base de la historia del mercado, el clima y las características del suelo y la capacidad tecnológica de los agricultores y las empresas. Esto debe hacerse tanto para las situaciones SP y CP con el fin de identificar los cambios que le son imputables.

Las hectáreas involucradas en el proyecto deben clasificarse según la potencialidad de mejorar su sistema de riego actual o bien según su potencialidad de incorporarse al riego como consecuencia del proyecto. Cabe señalar que las hectáreas mejoradas son las que se producen con el sistema de riego actual, pero que necesitan optimizar su producción. Luego, en cada área del proyecto se debe proyectar una estructura más razonable de cultivos, respecto del rendimiento de cada cultivo y del método de riego a ser utilizado con sus respectivos niveles de eficiencia.

Existen dos métodos para estimar la estructura de cultivos más adecuada: i) **Método técnico**: a partir de una lista de cultivos adecuados para la región debido a su clima y tipo de suelo, los agricultores son consultados con el fin de determinar aquellos cultivos que tienen más probabilidades de ser producidos, ii) **Método de asimilación**: en las áreas que incorporarán el proyecto se repite lo que actualmente ocurre en zonas de regadío con similares características de clima, tipo de suelo y agricultores.

En general, frente a un pronóstico de disponibilidad de agua, los agricultores deciden qué parte de sus tierras serán para el riego y que parte dejarán sin regar. Dentro de la superficie de riego, reservan una parte a cultivos permanentes, ya que tienen confianza en que todos los años tendrá suficiente agua para regar. La otra parte, es destinada a cultivos anuales, ya que tienen la flexibilidad para variar el número de hectáreas sembradas anualmente de acuerdo a la hidrología esperada. Un productor con un predio con baja disponibilidad de riego tendrá los incentivos para optar por cultivos anuales en la medida que estime que tendrá agua suficiente para su riego. Por el contrario, un productor con alta seguridad de riego será incentivado a plantar cultivos permanentes, dada su mayor rentabilidad. Este estudio servirá de base para determinar la demanda de agua que se detallan en la siguiente sección.

i. Encuesta muestral o censal

Con el objeto de recabar antecedentes para el diagnóstico de la situación actual y obtener los estudios de casos que permitan caracterizar a los predios

promedios, se debe efectuar una *encuesta muestral o censal*³¹, cuya distribución y cobertura dependerá de los tamaños de predio del universo de agricultores. El formato de esta encuesta debe ser simple, lo cual dependerá de la ejecución o no de una posterior encuesta de detalle.

ii. Predios promedio y estudio de casos

Para la obtención de los *predios promedio* debe subdividirse cada estrato³² por tamaño de predio, de manera que puedan ser representadas al máximo todas las variables que participan al interior de las tipologías prediales (sectores, suelos, clima, niveles tecnológicos, uso de suelos, disponibilidad de agua, etc.), procediendo posteriormente a seleccionar un predio promedio, el cual es la resultante del cociente entre el área de cada subdivisión predial y el número de predios que representa.

iii. Uso del Suelo

Para efectuar el análisis de potencialidad productiva de cada predio promedio, se requiere necesariamente de la identificación de los límites de la *envolvente de riego* del área a estudiar. Esto debe efectuarse demarcando en planos los terrenos que poseen potencial para ser cultivados. Una vez que se obtengan mayores antecedentes de la zona en estudio, se debe efectuar la subdivisión en sectores de riego.

Considerando los antecedentes que se dispongan relativos a sectores, estrato de tamaño, distritos agroclimáticos y estudio de suelos, se debe determinar las superficies brutas, netas, improductivas y arables.

La condición de riego o seco se establece a través de la determinación de condiciones propias de cada sector en cuanto al riego actual de éste, las que se refieren principalmente a la existencia o carencia de red de riego.

Finalmente, el uso del suelo se obtiene a través de la expansión de las superficies brutas de cada *predio promedio* al interior de la tipología representada. Mediante la suma respectiva de ellos, se obtendrán los resultados por estrato de tamaño, sectores y para el total del área en estudio.

iv. Fichas de Cultivo

Para efectos de determinar las fichas de cultivo de situación actual se debe utilizar la información de las encuestas de detalle; a medida que la cobertura de ellas es más alta, mayor será el grado de precisión.

Los rubros productivos que se identifiquen por *predio promedio* en el área de proyecto deben ser caracterizados por medio de fichas de cultivo. Éstas deben ser valoradas a precios de mercado y sociales. Las fichas deben incluir los ítems

³¹ Muestra es un subgrupo de la población, representativo y finito que se extrae de la población accesible. Las características de la población general deben reproducirse en ella, lo más exactamente posible. Arcia, Córcega, Godoy y Jiménez (2009).

³² Unidad de muestreo que presenta similares características, en diferentes atributos, al interior de un área de riego.

correspondientes a mano de obra, maquinaria, tracción animal, insumos, operación y mantención de riego presurizado, fletes, costos financieros e imprevistos. Estos se traducirán en los costos directos por hectárea.

4.2.1.3. Requerimientos técnicos de agua

Las necesidades de agua de riego se deben determinar para cada uno de los cultivos asignados por *predio promedio* y *sector de riego* y a partir de la estructura de cultivos, consistiendo básicamente en el cociente entre la *evapotranspiración real*, *ETr* y la *eficiencia de riego* a nivel del potrero. Para los efectos la determinación de la *ETr* media por sector, se pondera la *ETr* propia de cada cultivo por la superficie que le ha sido asignada dentro del total del sector.

v. Factor hídrico del modelo de simulación hidrológico SP

El cálculo de los rendimientos está en directa relación con el factor hídrico, el cual en períodos de déficit, en especial de sequías severas, provoca que la producción de los rubros productivos, tanto en términos físicos como económicos, se vea notablemente disminuida. Se recomienda trabajar con funciones de producción relacionadas a los factores de satisfacción de las demandas de agua, según la operación de un modelo de simulación hidrológico y económico que considere los efectos anuales y mensuales de los caudales correspondientes a las series hidrológicas utilizadas, con lo que el área de influencia de un proyecto determinado no será definido por la seguridad de riego del 85%, sino por una optimización económica resultante del modelo planteado, en que la variable de ajuste es la superficie destinada, por ejemplo, a praderas naturales, cultivos anuales u otros³³.

a) Determinación de los requerimientos de agua para uso agrícola

La determinación de la demanda de agua para cultivos requiere la estimación de ecuaciones que evidencien las necesidades de agua para cada tipo de cultivo. Estos requisitos están relacionados con factores tales como la evaporación, la precipitación efectiva y la eficiencia del riego, entre otros. El requerimiento de agua para un cultivo particular **X (R_{Ax})** corresponde al caudal o flujo de este recurso que es requerido por los productores que producen dicho cultivo en el área de influencia del proyecto. El requerimiento mensual se calcula multiplicando la superficie total cultivada con X que son regadas por el proyecto por el módulo de riego correspondiente (**MR**) correspondiente. El requerimiento de agua del total de hectáreas del proyecto se expresa en litros por segundo (l/s).

$$R_{Ax} = (Ha) * (MR)$$

³³ Actualmente los proyectos de riego se elaboran estimando una seguridad de riego del 85%, la cual no necesariamente se ajusta a los requerimientos de satisfacción de la demanda de los cultivos, así como tampoco al comportamiento de los agricultores al momento de producirse problemas de sequía. En efecto, el criterio del 85% de seguridad no considera que los cultivos multi-anuales deben tener un 100% de satisfacción de sus demandas de agua, así como tampoco que en un año seco siguen utilizándose recursos eventuales, como es el agua de primavera, con lo cual en un año seco, si las condiciones climáticas lo permiten es factible adelantar siembras y cosechas a través de cultivos de tipo anual y hortalizas de un ciclo productivo más corto.

Donde:

RAx es el requerimiento de agua del cultivo X;

Ha es el número de hectáreas del predio promedio;

MR es el caudal continuo de agua requerido para que una hectárea de cultivo (l/s). Luego:

$$MR = RV * \frac{1000(\frac{lbs}{m^3})}{3.600(\frac{s}{hrs})} * \frac{1}{(N^{\circ}días \frac{riego}{mes}) * ER}$$

Donde:

RV es el requerimiento mensual de agua o volumen de agua requerido por una hectárea de cultivo durante un mes. Se expresa en m³/Ha y corresponde a la cantidad de agua que debe ser aplicada a un cultivo para satisfacer sus necesidades. Es igual a la diferencia entre el uso consuntivo (UC) y la precipitación efectiva (PE), ambos calculados mensualmente;

ER es el factor de eficiencia del sistema de riego que indica el grado de eficiencia en el aprovechamiento de agua. ER varía en función de las diferentes modalidades de riego. No tiene unidades de medida asociadas.

RV puede definirse asimismo como:

$$RV = (UC - PE) * 10^{(34)}$$

Donde:

UC son los (mm) evaporación real del cultivo o mm de consumo real de agua por él.

PE son los milímetros (mm) de agua total de precipitaciones aprovechados por la planta para cubrir sus necesidades parcial o totalmente;

Luego, el uso consuntivo resulta de:

$$UC = EPC * K$$

Donde:

EPC es la cantidad de evapotranspiración potencial o agua consumida por el cultivo durante un período de tiempo determinado. Se expresa en milímetros por mes.

K es el factor de ponderación que se calcula ponderando las hectáreas del proyecto (Ha) por el factor de cultivo (f) según la siguiente fórmula:

³⁴ Sólo para efectos de escritura de la fórmula

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n Ha_i * f_i}{\sum_{i=1}^n Ha_i}$$

Donde:

HA_i se expresa en hectáreas y;

f_i es el factor de cultivo o coeficiente de cultivo que depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie. Este factor refleja la capacidad de la planta para extraer el agua en las diversas etapas del período vegetativo. No tiene unidades de medida asociadas.

Ajuste de los requerimientos de agua para uso agrícola a nivel de sistema

El requerimiento de agua a nivel del sistema en su conjunto debe estimarse corriendo el resultado anterior, a partir del análisis del sistema de canales extraprediales e infraestructura de regulación nocturna, a fin de determinar las pérdidas de conducción (infiltración en canales) y derrames en el sistema. Luego de aplicados los factores de eficiencia son determinadas los *requerimientos totales a nivel de sistema de riego*.

Como en el caso anterior, el requerimiento debe ser estimado mensualmente. Por otra parte, las eficiencias de riego para aquellos cultivos asignados, será la que se produce a nivel de potrero de acuerdo a los factores indicados en la Ley N°18.450 de Fomento al Riego y Drenaje. Éstas variarán según sea el método de riego de que se trate, ya sea éste presurizado o tradicional.

Factor hídrico del modelo de simulación hidrológico CP

La *metodología de cálculo del factor hídrico en la Situación CP* es idéntica a la ya descrita, por lo que se omite su desarrollo.

4.2.1.4. Disponibilidad de recursos hídricos en las Situaciones SP y CP

Debe realizarse un análisis de la disponibilidad de recursos hídricos para las situaciones SP y CP. La información relevante para el análisis de la oferta debe considerar los siguientes componentes: i) *la infraestructura de riego o drenaje existente*: a fin de determinar su capacidad y estado actual de conservación se debe obtener información sobre el tipo de obras existentes y el estado en que se encuentran. Las obras por lo general son la cuenca de captación, canales, tanques de regulación de la noche, el drenaje, etc. Se deben identificar las fuentes de agua utilizadas actualmente por los productores y el volumen obtenido por cada fuente; ii) *operación y mantenimiento del sistema de riego*: se refiere a las técnicas de riego utilizadas, la eficiencia con la que actualmente se realiza el suministro, incluyendo todos los costos de riego, operación y mantenimiento, entre otros; iii) *las organizaciones y los usuarios existentes y la*

manera en que operan: deberá describirse el modelo de asignación de agua y el carácter de la organización encargada del suministro.

4.2.1.5. Déficit de agua para uso agrícola (balance hídrico)

El déficit de la demanda de agua para riego se determina mediante la diferencia entre la cantidad de agua demandada y la ofrecida. Esta operación es lo que se conoce como balance hídrico. Para las hectáreas incorporadas, el déficit de la demanda de agua de riego coincide con la cantidad de demanda de agua de toda la zona que será convertida en apta para la producción agrícola. El déficit total será igual a la suma del exceso de demanda anterior y responde a la siguiente ecuación:

$$BH = DIA = DT - OA$$

Donde:

BH es el Balance Hídrico;

DIA es la Demanda Insatisfecha Actual;

DT es la Demanda Total;

AO es la Oferta Actual;

El cálculo del déficit se debe realizar cada mes para identificar los meses en que el problema existe y aquellos en los que la restricción no funciona.

La suma de la oferta de agua para el riego y la actual oferta, que cubrirá la demanda insatisfecha actual, es la disposición del total del agua de riego correspondiente a la situación con el proyecto.

La justificación del déficit requiere una identificación apropiada de las siguientes deficiencias: i) **las deficiencias técnicas en los mecanismos de distribución utilizados de derechos de aprovechamiento de aguas**: debe tenerse en cuenta que en muchos casos, la restricción de la oferta debido a la deficiencia en la conducción y distribución de agua y / o el tipo de riego empleado; ii) **las deficiencias en el mecanismo de administración del servicio**: puede suceder que el problema de abastecimiento de agua se origina en un manejo inadecuado por la entidad a cargo; iii) **las deficiencias económicas derivadas del mecanismo de distribución**: es probable que el déficit de abastecimiento de agua provenga de aguas residuales por parte de algunos agricultores que se enfrentan a una tarifa volumétrica o insignificante.

Estas deficiencias se deben tomar en cuenta al diseñar o proyectar la situación SP para evitar la sobreestimación de los beneficios del proyecto. Por ejemplo no debe estimarse como beneficio del proyecto el sellado de un canal cuyos beneficios obedecen a una optimización de la situación actual. Asimismo, si la capacitación es socialmente deseable (sus costos sociales son más bajos que sus beneficios sociales), el aumento del beneficio neto agrícola resultante no puede ser considerado como un beneficio atribuible al proyecto de impermeabilización. Lo correcto, es que en la evaluación de este proyecto se calcule un beneficio

asociado con el valor de los costos de formación evitados, ya que el proyecto no incurrirá en ellos. Cabe señalar que el proyecto de impermeabilización normalmente puede tener costos asociados a la capacitación.

4.2.1.6. Asistencia técnica y crediticia

Se deberán identificar y analizar aquellas instituciones que actualmente brindan apoyo técnico a la actividad agropecuaria del área de estudio, necesario para lograr las metas del programa de desarrollo que se proponga. Además, es necesario identificar las instituciones financieras que permitan contar con el apoyo crediticio adecuado para sustentar el programa de implementación predial.

La identificación de las instituciones de apoyo y el análisis de ellas para su posterior utilización serán conocidas, al igual que las medidas de acción actualmente existentes, a través de la información que se obtendrá de las encuestas realizadas en el área del proyecto y entrevistas a informantes calificados. Por otra parte, se encuentran disponibles para los agricultores algunos instrumentos CORFO, tales como FAT y PROFOS y el programa de capturas tecnológicas desarrollado por el Ministerio de Agricultura a través del FIA.

En relación a las formas de financiamiento de los proyectos, actualmente existen dos alternativas: i) Ley N°1.123, que considera la ejecución de las obras por parte del Estado y recupero de tales costos en el tiempo; ii) Ley de Concesiones, mediante la cual el desarrollo de las obras se realiza a través de un ejecutor privado, con explotación por un período de tiempo del proyecto, al cabo del cual entrega la propiedad de las obras al Estado.

4.2.2. Estimación de beneficios asociados a proyectos de riego

Los beneficios atribuibles a los efectos del riego se relacionan con la mayor disponibilidad de agua, la liberación de los recursos hídricos y el aumento de la eficiencia en el riego. Esto permite la incorporación de nuevas tierras para actividades productivas y mejorar los ingresos de aquellos que fueron regados, ya sea a través de una mayor asignación de agua y/o un aumento en la seguridad de riego. En algunos casos, como consecuencia de la disminución del riesgo en el suministro de agua, opera un cambio a tipos más rentables de cultivos.

Para determinar los beneficios directos por riego se pueden utilizar métodos alternativos:

- *Método de la Productividad Marginal*, que consiste en estimar el valor presente neto de la mayor producción agrícola.
- *Método del Valor Incremental de la Tierra*, que consiste en la estimación del aumento de valor del suelo como consecuencia del proyecto.
- *Método del Valor de Mercado de las Transacciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas*.

4.2.2.1. Estimación de beneficios netos por el método del Valor del Producto Marginal

El **método de Valor de la Productividad Marginal** y sus técnicas relacionadas (cambio en el ingreso neto y la función de producción), se aplican cuando el agua cruda es utilizada como consumo intermedio en la producción de otro bien. Estos métodos se basan en el principio que un individuo (u organización) maximiza sus beneficios utilizando el agua (y cualquier factor productivo) hasta el punto en que el ingreso neto obtenido de contratar (o consumir) una unidad adicional es exactamente igual al costo marginal de obtener dicha unidad.

El método supone que si todos los mercados son competitivos, excepto el del agua, el valor total de producción es exactamente igual a los costos de oportunidad de todos los insumos, incluidos el capital y la tierra por supuesto. Cuando los costos de oportunidad de los otros insumos, distintos del agua, están determinados por su precio de mercado (o precio sombra), entonces el precio sombra del agua es igual a la diferencia (residuo) entre el valor de la producción y los costos de todos los insumos distintos del agua. Dado el valor total de la producción por:

$$VTP = \sum_{i=1}^n p_i * q_i + VPMgA(Ha)$$

Donde:

VTP es el valor total de la producción agrícola en este caso;

p_i es el precio de los otros insumos i de producción;

q_i es la cantidad demandada de los otros insumos i de producción;

$VPMgA(Ha)$ es el valor del producto marginal del agua en la hectárea tipo, que es función de la cantidad consumida.

Despejando puede obtenerse el $VPMgA(Ha)$ que en equilibrio corresponde al precio del recurso:

$$VPMgA(Ha) = VTP - \sum_{i=1}^n p_i * q_i$$

Habitualmente se conoce a éste como *Método del Presupuesto*, donde en el caso de los embalses y obras hidráulicas anexas, la disponibilidad de mayor cantidad de agua permite a los agricultores aumentar su producción agrícola como la diferencia entre los excedentes agrícolas de las situaciones Con y Sin Proyecto.

La aplicación de este método debe ser rigurosa en la inclusión de todos los gastos efectuados por el usuario para captar, transportar y almacenar agua, además de todos los otros costos asociados (por ejemplo, mano de obra familiar, gestión de la granja, fertilizantes, otros).

Este es el método de más amplia difusión en la evaluación de proyectos de riego por la relativa facilidad de aplicación. No obstante, es altamente sensible a pequeñas variaciones en los supuestos y especificaciones relativas a los rendimientos y precios de los insumos. Asimismo, si se omite algún atributo o insumo, erróneamente se asignarán mayores beneficios al agua, sobrestimando su valor o precio sombra³⁵.

En general, el riego es el mayor uso del agua a nivel mundial (Gleick, 1993), pero, paradójicamente, también está entre los usos menos rentables del recurso (Gibbon, 1986). Incluso, algunos estudios de valoración del agua de riego (Young, 1996) atribuyen considerables deficiencias a los métodos, con una marcada tendencia a la sobrestimación del valor del agua; entre ellos, el propio método de valoración residual. Aunque teóricamente el precio sombra se define como el "valor marginal" del bien o producto, el valor residual corresponde al valor promedio. Los valores medio y marginal son idénticos sólo en los casos en los que las funciones de producción tienen rendimientos constantes a escala (las diferencias entre valor promedio y marginal depende de la naturaleza de la función de producción, con lo cual resulta una cuestión empírica establecer la pertinencia del enfoque).

El **enfoque de función de producción** estima el valor del agua a partir del análisis de regresión aplicado a una muestra representativa de agricultores y/o de productores industriales, estimando una función de costos que represente la relación insumo-producto entre el agua y los bienes finales (cultivos u otros). Las funciones se establecen en base a experimentos, modelos matemáticos de simulación y análisis estadístico de encuestas o relevamiento de información secundaria. El valor marginal del agua se obtiene derivando la función con respecto al agua; es decir, midiendo la variación marginal de la producción (o la reducción de costos) resultante de pequeños cambios en el uso de agua.

Este enfoque de función de producción y en menor medida la programación matemática, son las técnicas más ampliamente aplicadas para la valoración del agua en la industria, más que en el riego. El método del valor residual no se utiliza en la valoración del agua en la manufactura, debido a que en general la participación del agua en los costos es relativamente menor respecto a otros insumos productivos.

El valor económico del agua en riego estará dado por:

$$VERR = \sum_{j=1}^m Ha_j * VPMgA(Ha_j)$$

Donde:

³⁵ Ello ocurre por ejemplo cuando la mano de obra familiar no es "efectivamente pagada", por lo cual no se incluye su costo de oportunidad en la función de producción o cuando las diferentes "distorsiones" de mercado (impuestos, subvenciones y políticas de protección comercial) hacen que los precios de los insumos no reflejen su verdadero valor (costo) social.

VERR es valor económico del agua en riego estimado a través del método de la productividad marginal;

Ha_j es el total de hectáreas tipo *j*.

VPMgA(Ha_j) es el valor del producto marginal del agua en la hectárea tipo *j*.

m es el total de tipos de hectáreas (frutales, anuales, praderas, otras).

Para mayores antecedentes sobre la aplicación del método se recomienda revisar el Apéndice F.

4.2.2.2. Estimación de beneficios netos por el método del Valor Incremental de la Tierra

La estimación del valor del agua a partir del mercado de la tierra se basa en el enfoque de **precios hedónicos**: el precio de un bien es función de la cantidad de atributos que dicho bien tiene. De esta forma, la función de precios hedónicos puede presentarse de la siguiente manera:

$$P_x = f(Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6, \dots, Z_n)$$

Donde

P_x es el precio del bien *x*;

z_i son los atributos *i* que tiene el bien *x*.

Si se incrementa la cantidad de un atributo sin variar la cantidad del resto, el resultado esperado es el incremento del precio del bien *x*. En tal caso, si *x* posee más atributos, el consumidor incrementa su disposición a pagar por dicho bien. Dado que lo único que cambió fue la cantidad del atributo *z_i*, el incremento del precio de *x* es atribuible íntegramente a la mayor cantidad de *z_i*, lo que entrega el **precio sombra** del atributo *z_i*. Así, el precio del atributo se obtiene derivando la función de precios hedónicos respecto al atributo incrementado:

$$\frac{\partial P_x}{\partial z_i} = P(z_i) = \Delta P_j$$

Donde

ΔP_j es el incremento en el precio de la tierra de la hectárea tipo *j* (diferencia entre tener o no el atributo riego);

P(z_i) es el precio, o valor, del atributo *i*.

Entre los atributos del bien tierra agrícola, se pueden señalar las siguientes: i) calidad del suelo en términos de capacidad productiva; ii) aptitud del suelo en términos del riego; iii) Localización en función de la red vial; iv) tamaño del predio; v) condiciones climáticas de la zona; vi) infraestructura de riego intrapredial; vii) construcciones; ix) inversión en plantaciones de largo plazo como frutales; x) disponibilidad y seguridad de agua para riego; x) salinidad del agua subterránea;

xi) proximidad a centros de abastecimiento y mercados; entre otros. Estos diferentes atributos explicarían la variabilidad del precio por hectárea de tierra en diferentes zonas del país, e incluso, dentro de una misma zona. Para efectos de la valoración, es relevante considerar que los proyectos de riego buscan modificar solamente el atributo correspondiente a la disponibilidad y/o seguridad de agua para riego.

Los *precios hedónicos* constituyen una metodología útil para estimar precios de bienes que no tienen mercados formales y perfectos y que son atributos de otros bienes, que sí tienen mercados completos y por tanto, con precios representativos de su valor. Así, un análisis de regresión de precios de venta de tierras podría revelar la contribución de la disponibilidad del agua (o de cualquier factor) al valor total de la tierra, derivando la función de valor hedónico con respecto a ese atributo. No obstante, la estimación de valores económicos de los recursos naturales con métodos hedónicos es bastante dificultosa en la práctica. En general, el requerimiento de datos específicos es muy alto, es difícil obtener una muestra grande de transacciones, si el recurso hídrico se encuentra en terrenos públicos no es posible observar transacciones de mercado y por último, los compradores y vendedores deben ser capaces de reconocer las diferencias físicas en el nivel de las características evaluadas. Asimismo, las inferencias de la disposición a pagar y la demanda pueden ser derivadas sólo cuando existe suficiente número de observaciones disponibles³⁶.

El valor económico del riego estará dado por:

$$VERVIT = \sum_{j=1}^m Ha_j * \Delta P_j$$

Donde:

VERVIT es valor económico del riego estimado a través del método del valor incremental de la tierra;

Ha_j es el total de hectáreas tipo j.

ΔP_j es el incremento en el precio de la tierra de la hectárea tipo j;

m es el total de tipos de hectáreas (frutales, anuales, praderas, otras).

Para mayores antecedentes sobre la aplicación del método se recomienda revisar el Apéndice G.

³⁶ Asimismo, es usual la utilización de precios promedio de corte transversal, ya que el uso de series de tiempo requiere costos adicionales relativamente altos. Por ello, suele sugerirse que en ausencia de información independiente de precios de terrenos agrícolas en la zona de interés, se utilice el Método de Tasación Fiscal (detallado en Apéndice) dada su universalidad y disponibilidad en medios computacionales, combinándolo con el método de observaciones de mercado para ajustar los diferenciales de precios correspondientes. No obstante, esta corrección también restringe su aplicación y sus ventajas respecto a otros métodos.

Conceptualmente, en equilibrio los mercados de la tierra, del agua (analizado posteriormente) y de los productos agrícolas deberían llegar a idénticos resultados, aunque ello supone que se trata de mercados perfectamente competitivos, en los cuales los precios de los activos reflejan exactamente su capacidad de generar beneficios (por lo cual el precio es igual al valor actual del flujo futuro de beneficios netos esperados del activo).

Estimación de beneficios netos por el método de Valorización de de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas

La teoría económica indica que en condiciones ideales son las fuerzas del mercado las que determinan los precios y estos serán óptimos para la sociedad (maximización del bienestar). En el caso de los recursos hídricos no existen en general mercados formales y eficientes y en muy pocos países la legislación permite una libre transacción de aguas (entre las excepciones está Chile).

Una aproximación al precio del agua se obtiene analizando las transacciones de derechos de aprovechamiento en mercados "relativamente" competitivos, en los cuales no existen importantes asimetrías de información. El concepto de precio del agua ha de entenderse, en un contexto de mercados, formales o informales, como la compensación monetaria asociada a un intercambio de agua (valor de intercambio del agua).

Cuando se dice que el precio del agua es de una cierta magnitud, en general se está considerando el costo del servicio de entregar el agua desde una fuente de abastecimiento hasta donde se utilizará. Esto implica, en la mayoría de los casos, que debería haber una infraestructura para la captación y conducción del agua. El costo de la infraestructura generalmente tiene que amortizarse, pero además se requiere mantener en buen estado la infraestructura y pagar al personal que la operará, lo cual desde luego implica un costo. Dada la condición de activo del derecho de uso, que determina que su demanda dependa de decisiones de largo plazo, en el corto plazo su valor está ligado con el valor que los distintos usuarios le otorguen a disponer del insumo agua cruda para sus actividades, es decir, al VPMg del agua. También es relativamente conocido el volumen de agua cruda disponible (Q_0 en la Figura 12).

La demanda está definida por el precio del producto, el ingreso de las unidades demandantes, los precios de productos sustitutos en el consumo y otros factores como las preferencias y la temporada climática. La oferta está determinada por el precio del producto, el ingreso de las unidades oferentes, los productos sustitutos en la producción y otros factores como las economías de escala o las tecnologías de producción.

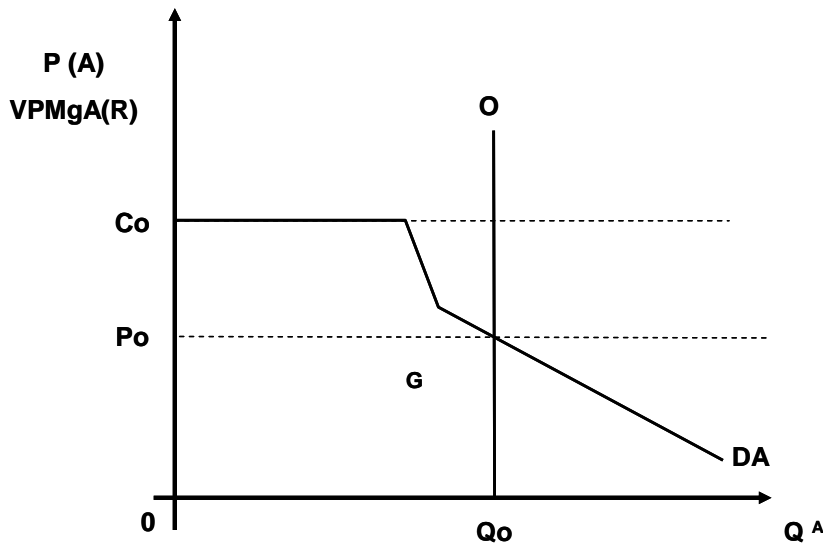


Figura 12. Equilibrio de CP en el mercado del agua

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

En el caso del derecho de aprovechamiento, al conocer el costo de oportunidad del insumo en las distintas temporadas del año se podría estimar su precio a partir de la siguiente expresión:

$$VDA^{CP} = \frac{\sum_{t=1}^T p_t^E * m_t^3}{r}$$

Donde:

VDA^{CP} es el valor del derecho de aprovechamiento de aguas en el corto plazo;

p^E_t es el precio del agua cruda en la temporada t del año;

m³_t es el volumen de agua cruda disponible en la temporada t;

r es la tasa de descuento pertinente;

T es el total de temporadas en las que se puede dividir el año;

Corresponde indicar que *r* dependerá de las preferencias de cada usuario y del tipo de derecho (consuntivo, no consuntivo). Esta estimación supone que el precio del agua es conocido.

El valor económico del riego estará dado por:

$$VERMA = \sum_{j=1}^m DA_i * VDA_j$$

Donde:

VERMA es valor económico del riego estimado a través del mercado del agua;

DA_j es el total de derechos de aprovechamiento tipo *j* (*consuntivos*).

VDA_j es el valor del derecho de aprovechamiento de aguas tipo *j* (*consuntivos*);

m es el total de derechos de aprovechamiento consuntivos.

A los fines de obtener información sobre la comercialización de derechos aprovechamiento de aguas, separadamente de los derechos de uso de la tierra, se recomienda analizar las siguientes fuentes de información (Muchnik et.al, 1997)³⁷:

*Registros de Propiedad de Aguas*³⁸ (Conservador de Bienes Raices).

Catastro Público de Aguas de la DGA.

Organizaciones de usuarios o regantes.

Si bien en general en los países que han establecido mercados para el agua las transacciones han aumentado en promedio la eficiencia en la asignación del agua entre los usos consuntivos competitivos, la evidencia indica que los precios no representan necesariamente el valor marginal del agua, porque en general los **mercados del agua** no han sido lo suficientemente competitivos (Young, 1996), proporcionando incentivos distorsionados para la asignación eficiente del recurso.

A pesar de las potenciales ventajas del mercado para asignar eficientemente los recursos, un mercado competitivo requiere un gran número de compradores y vendedores, transacciones frecuentes y perfecta información, entre otros requisitos. En Chile, el mercado del agua, si bien incipiente, aún no dispone de la madurez suficiente como para hacer representativas de mercado (excepto excepciones) los precios observados del agua. Asimismo, se observa una amplia varianza de precios, no obstante lo cual, ha funcionado en forma más adecuada en áreas con asociaciones de usuarios mejor administradas, con derechos de propiedad bien definidos, adecuada infraestructura de entrega (grandes reservorios y compuertas ajustables con medidores de flujo) y en zonas donde el agua enfrenta mayor restricción de escasez. En áreas sin tales características, los altos costos de transacción limita el desarrollo del mercado del agua. Los mercados formales de transacciones se observan mayormente en el sector norte del país, donde el agua tiene mayor escasez relativa. Los mercados de arriendo de agua son menos comunes aún; éstos permiten el intercambio de los derechos por un período corto de tiempo (por ejemplo los ciclos de riego en la agricultura). No obstante, debe tenerse especial cuidado con el uso de estos precios, por cuanto se trata de precios de corto plazo que pueden estar determinados por otros factores distintos del valor marginal del agua. En este sentido, la observación de precios en mercados de derechos de agua perpetuos es más apropiada para estimar los valores de largo plazo, aunque debe tenerse presente que en el largo

³⁷ Ver "Comercialización de los derechos de aguas en Chile", FAO.

³⁸ Es el registro en el cual se realizan las inscripciones de los títulos, arriendos, actos y resoluciones de derecho de aprovechamiento de aguas.

plazo lo que se observa es el precio de un bien de capital, por ello éste debe ser convertido a su valor anual a través de una tasa de retorno apropiada.

Un problema adicional en el uso de precios observados, es que los mercados pueden estar distorsionados por intervenciones públicas, como las políticas agrícolas diseñadas para influenciar los precios agrícolas.

4.2.3. Consideraciones adicionales para la formulación de proyectos de riego

Al formular el proyecto, además de los aspectos productivos deben considerarse aspectos tales como el tiempo de ejecución y la estructura organizacional para viabilizar y gestionar el proyecto. En algunos proyectos será prioridad establecer la formación de las asociaciones de regantes y la capacitación de los beneficiarios en la gestión eficiente del agua y en la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego. Estas asociaciones son las responsables de la gestión del sistema de riego. Deben establecer acuerdos sobre el pago de las tasas para el riego, la aplicación de multas y sanciones, etc.

Asimismo, la gestión debe abarcar tanto el componente de obras civiles como el componente agrícola, debido a que ambos componentes están estrechamente relacionados entre sí. Por ello, la visión se debe establecer con el fin de garantizar la eficacia del proyecto. En este sentido, los aspectos de gestión del sistema de riego no deben ser subestimados: la mala gestión puede llevar a no lograr los objetivos a largo plazo esperados por el proyecto.

Así también, para asegurar el éxito del proyecto deberá velar porque además de la inversión en infraestructura, se realicen los cambios en los sistemas de producción en el área de influencia, incorporando desarrollos tecnológicos en los sistemas de riego intraprediales, mejoras en los procesos de producción y comercialización, diversificación de cultivos, reconversión productiva, la adaptación de especies de acuerdo a la nueva disponibilidad de agua, programación de siembras y capacitación de la comunidad involucrada en los diferentes aspectos relacionados con el proyecto, entre otros. En definitiva, la mayor disponibilidad de agua no asegura un desarrollo agrícola eficiente; los proyectos deben ir acompañados de cambios en el desarrollo de la agricultura.

4.3. Metodología De Estimación De Beneficios Por Generación Hidroeléctrica

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de los recursos y elementos útiles para la generación o transformación, transporte y distribución de electricidad.

4.3.1. Diseño del proyecto

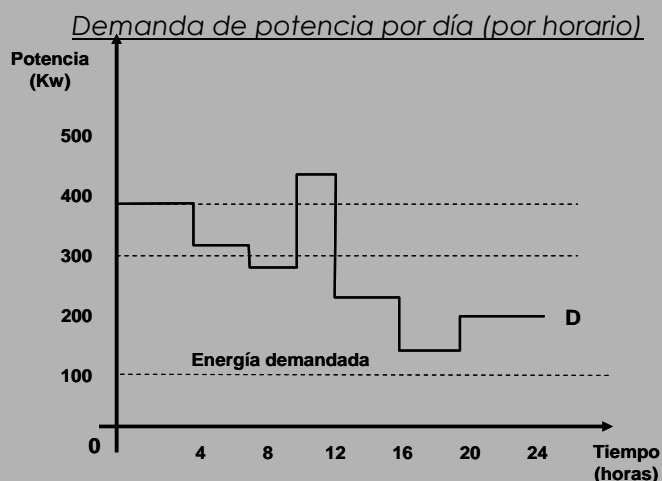
Los estudios de topografía, geología y geotécnica del terreno e hidrología constituyen la base para el diseño del proyecto hidroeléctrico. En el caso de la hidrología, deben considerarse los registros de caudal diario, el diagrama de las curvas de variación estacional y la matriz de flujo mensual promedio para la simulación de la operación de la planta.

4.3.1.1. Requerimientos de energía

Los principales usos de la energía se clasifican en: i) *Consumo intermedio* para generación, transmisión, distribución y almacenamiento); ii) *Consumo final* para usos residenciales, comerciales, transporte público, agricultura, industria, etc.; iii) *pérdidas de energía* en transmisión, distribución y transformación (centros de procesamiento). Por otra parte, el tamaño de la central (y el embalse asociado) dependen de los requerimientos de energía y potencia.

La potencia se refiere a la capacidad de desarrollar trabajo mecánico determinado; por tanto, el requerimiento de energía es la potencia instantánea que requieren los dispositivos al mismo tiempo, expresada en watts (vatios), kilovatios (Kw.) o megavatios (MW). Para establecer el tamaño de la turbina-generator debe determinarse el requerimiento máximo de potencia (mayor demanda prevista en relación con el tiempo en que los aparatos eléctricos están conectados al sistema; se expresa en vatios-hora, kilovatios-hora o megavatios-hora). (Figura N°4.C).

Figura N°4.C



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

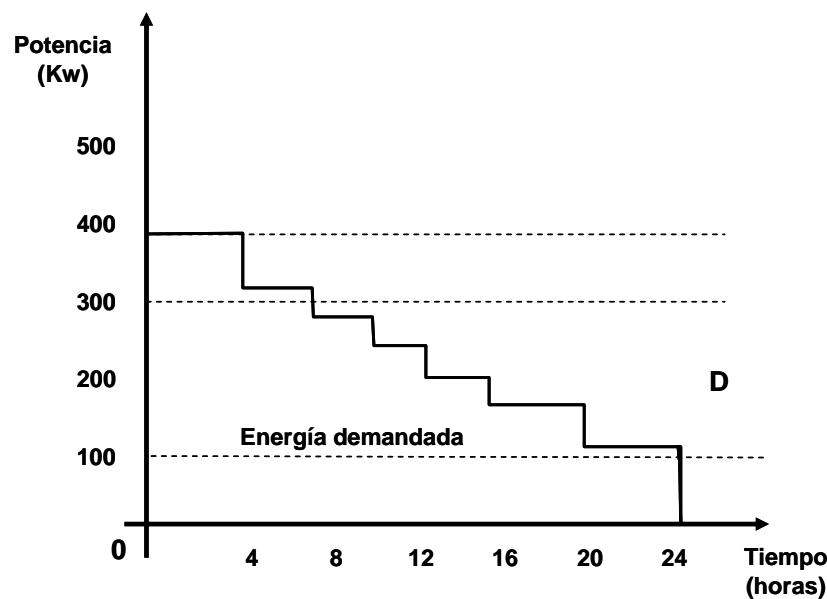
La estimación de los requerimientos de energía comprende el análisis de los siguientes usos:

- Consumo residencial;** requiere información de: i) tipo y número de casas y edificios, sobre la base de una proyección de la población actual y futura; ii) pronóstico de competencias y horas diarias de disparo de los dispositivos eléctricos de cada tipo de vivienda y construcción, iii) tiempo de distribución de la carga residencial.
- Consumo de energía para el alumbrado público;** requiere la siguiente información: i) estimación de los puntos de iluminación, de acuerdo a la distribución de la población; ii) número de vatios por punto de iluminación de las calles y las horas de cocción.
- Consumo con fines comerciales e industriales;** requiere la siguiente información: i) tipo y número de establecimientos comerciales e

industriales; ii) pronóstico de las competencias y las horas diarias de aparatos de iluminación y maquinaria; iii) identificación de los factores de coincidencia, iv) tiempo de distribución de la carga comercial e industrial; v) potencia requerida por los aparatos eléctricos y artefactos, y el número de horas de uso en un día típico o representativo; vi) total de los dispositivos de poder que requieren diferentes demandas, de acuerdo con el número estimado de cada uno.

- d. **Número de horas y distribución** oportuna de los mismos para ser conectado al sistema.

Figura 13. Demanda de potencia por día (por consumo)



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Para la estimación de los requerimientos de energía se utilizan en general dos métodos: i) **switch**; supone que la demanda de la zona de influencia se comporta de manera similar a otros campos de características similares; ii) **econométrica**: estima el consumo de energía en el futuro. La curva resultante (contorno de la Figura 13) se denomina **cargas por demanda**. El área bajo la curva es la demanda de energía durante el día. También se puede calcular para otro horizonte de tiempo (mensual o semestral). La forma de esta curva es muy importante, ya que no basta con saber qué cantidad de energía consumida existe en un día, además es necesario conocer cómo se distribuye en esa cantidad de tiempo. La llamada **curva de las cargas en orden descendente**, corresponde a la suma de horizontal de las cargas requeridas a diferentes horas del día se presenta en la Figura N°4.1 muestra la curva diaria decreciente. El área bajo la curva representa el requerimiento diario de energía.

La mayor carga sirve como punto de referencia para la determinación de las necesidades de capacidad de la planta. La potencia media se calcula dividiendo la energía demandada (área bajo la curva) por las 24 horas del día:

$$PM = E / 24$$

Donde:

PM es la potencia media en la energía Kw. o kilovatio;

E en kilovatios/hora kilovatio por hora.

En definitiva, para la determinación del “tamaño óptimo” del requerimiento de energía se requiere un estudio de consumo que refleje lo más fielmente el uso potencial de la energía.

4.3.1.2. Capacidad generada

La determinación del suministro de energía implica identificar las condiciones actuales del servicio que el proyecto va a suministrar. En caso de grandes centrales de generación de energía, podría esperarse que el proyecto reemplazara una fuente de producción de mayor costo unitario de producción (este caso se analiza en el Apéndice D). En tal caso, las centrales hidroeléctricas pertenecen a un sistema conjunto de producción de energía eléctrica, que incluye centrales hidroeléctricas, termoeléctricas (gas, petróleo y carbón, entre otras), solar y eólica³⁹, el proyecto de generación hidroeléctrica provoca un beneficio por la liberación de recursos, bajo el supuesto (de alta probabilidad de ocurrencia) que reemplazará otra fuente de generación de mayor costo⁴⁰.

No obstante, a los fines de la presente metodología, se simplificará el análisis suponiendo que cuando el proyecto aporta al Sistema Interconectado Nacional (SIN) es tomador de precios; es decir, no afecta la oferta total de energía del sistema. Asimismo, se analizará el caso en el cual el proyecto aporta energía para autogeneración de bajo requerimiento (domiciliaria), por lo cual reemplaza otras fuentes alternativas de producción domésticas de energía.

4.3.2. Beneficios netos del proyecto de generación hidroeléctrica

4.3.2.1. Beneficios por venta de energía en el SIN

Suponiendo que el proyecto es de una magnitud tal que **no afecta el precio de equilibrio** y que puede vender toda su producción al precio fijado por el Centro

³⁹ Si bien no son alternativas existentes en Chile, otros sistemas de provisión de energía eléctrica incluyen nuclear, geotérmica y mareomotriz, entre otras.

⁴⁰ Esta liberación de recursos (beneficio social) es constante, aunque no el precio nudo de producción de energía eléctrica, bajo el supuesto que a medida que se construyan nuevas centrales, éstas serán más eficientes y por tanto ocuparán la base de la curva de demanda del sistema (en el límite ello supone que en algún momento la central que está siendo valorada será sustituida parcial o totalmente por centrales más eficaces y por lo tanto su valor será cero cuando el tiempo tiende a infinito).

de Despachos de Cargas (CEDEC), el principal beneficio del proyecto está dado por el aumento de consumo. Conceptualmente, este beneficio debe medirse a partir de la curva de beneficio marginal social del consumo, es decir, el área debajo de la curva de demanda social. No obstante, dada la complejidad que implica estimar tales curvas de los usuarios del sistema, puede aproximarse este beneficio a través de las ventas de la energía. De esta forma, los beneficios netos del proyecto corresponden a la venta de la energía producida, deducidos los costos de producción e inversión: i) construcción de infraestructura, canales, túneles; ii) tuberías de aducción; iii) salas de máquinas, equipos eléctricos o de energía mecánica de la turbina, generador; iv) transformador de potencia, control y restitución de obras de la subestación de agua y patios; v) líneas de transmisión eléctrica; vi) obras complementarias: caminos, talleres y otros. Además, en el flujo de caja del proyecto deben incluirse los costos correspondientes a operación y mantenimiento de la planta hidroeléctrica.

El beneficio neto directo por generación de energía en un proyecto que es tomador de precios será igual a:

$$BNDGE = \sum_{i=0}^n \frac{(PNM_w/h * QM_w/h)_i - Io(M_w/h)_i - (\sum_{j=1}^m DA_j * VDA_j)_i - (COM(M_w/h) * QM_w/h)_i + \Delta BR - \Delta CDFCC}{(1 * r)^i}$$

Donde:

BNDGE es beneficio neto por generación eléctrica;

PNM_w/h es precio nudo del megavatio/hora vendido por la central en el período *i*;

QM_w/h es la cantidad de megavatios/hora vendido por la central en el período *i*;

Io(M_w/h) son las inversiones en capacidad instalada y de mantenimiento mayor que debe llevar a cabo la central durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de megavatios/hora;

DA_j son los derechos de aprovechamiento tipo *j* (*no consuntivos*) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir energía en el período *i*.

VDA_j es el valor o precio de los derechos de aprovechamiento tipo *j* (*no consuntivos*) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir energía en el período *i*.

m es el total de derechos de aprovechamiento no consuntivos.

COM(M_w/h) son los costos de operación y mantenimiento menor que debe llevar a cabo la central durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de megavatios/hora;

□ **BR** es el beneficio neto por aumento de las áreas de riego por liberación de agua para generar electricidad;

□ **DFCC** es el costo adicional en defensa fluvial y control de crecidas por liberación de agua para generar electricidad;

r es la tasa social de descuento pertinente;

n es el horizonte de evaluación del proyecto;

Los costos atribuibles al proyecto se refieren a los costos sociales de los recursos productivos que intervienen en su ejecución y aplicación, es decir, la inversión que se necesita (medido en términos sociales) y los costos sociales de operación y mantenimiento del nuevo sistema de generación de energía. Las partidas de gastos imputables a los proyectos hidroeléctricos son:

*) **Costos de inversión:** relacionados con el propósito de la energía tienden a tener altos costos de inversión que están dotados de infraestructura y equipamiento hidráulico mecánico o eléctrico. Por Ejemplo obras civiles y equipos, obras de infraestructura, canales, túneles o tuberías de aducción, salas de máquinas, equipos eléctricos o de energía mecánica de la turbina, , generador, el transformador de potencia, control y restitución de obras de la subestación, patios y líneas de alta tensión y obras complementarias tales como caminos, poblaciones, talleres y otros.

*) **Gastos correspondientes al equipo hidráulico** mecánico o eléctrico. Por ejemplo, turbinas, generadores, transformadores de potencia, control y subestación. Estos costos se derivan de los cálculos de ingeniería, donde se considera un presupuesto en términos de cantidades de insumos y factores necesarios, que luego son evaluados. Así también debe elaborarse un calendario detallado de cada uno de los elementos de inversión.

*) **Costos de operación y mantenimiento:** costes variables de generación por kilovatio producido, los gastos de administración y ventas.

4.3.2.2. Beneficios por producción de energía para autogeneración

Cuando el proyecto provee energía que satisface **necesidades de autogeneración y consumo doméstico** el beneficio está dado por los menores costos que el país dejará de incurrir para producir energía a partir de otras fuentes. La

Figura 14 presenta las situaciones SP y CP, suponiendo la operación de una tecnología alternativa de mayor costo (por ejemplo generador eléctrico en base a combustible fósiles, de mayor costo unitario de producción que la energía hidroeléctrica).

En la situación SP el equilibrio está dado por A, consumiéndose Q_0^{SP} a un precio P_0^{SP} ; con el proyecto, el equilibrio se establece en B, con mayor consumo (Q_1^{CP}) y menor precio (o costo, P_1^{CP}). De esta forma, el beneficio por liberación de

Figura 14. Equilibrio en la situación CP y SP



El análisis desarrollado anteriormente puede aplicarse a también a los siguientes casos:

- Disminución de cortes no programados
- Disminución de racionamientos programados
- Disminución de importaciones de energía (la liberación de recursos corresponde a las divisas ahorradas)
- Beneficios por liberación de recursos: la comunidad beneficiada reducirá o eliminará el uso de velas, pilas, generadores, etc.

El beneficio neto directo por auto-generación de energía será igual a:

$$BNDAGE = \sum_{i=0}^n \frac{\int_{p=Qosp}^{Qlcp} DE(P)_p * dq + \int_{p=0}^{Qosp} OE^{sp}(P)_p * dq - Io(Mw/h)_i - (\sum_{j=1}^m DA_j * VDA_j)_i - (COM(Mw/h) * QMw/h)_i}{(1 * r)^i}$$

Donde:

BNDAGE es beneficio neto por auto-generación eléctrica;

DE(P) es la demanda de energía en el período *i*;

OE^{sp}(P) es la oferta de energía en la situación sin proyecto en el período *i*;

Io(Mw/h) son las inversiones en capacidad instalada y de mantenimiento mayor que debe llevar a cabo la central durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de megavatios/hora⁴¹;

DA_j son los derechos de aprovechamiento tipo *j* (*no consuntivos*) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir energía en el período *i*.

VDA_j es el valor o precio de los derechos de aprovechamiento tipo *j* (*no consuntivos*) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir energía en el período *i*.

m es el total de derechos de aprovechamiento no consuntivos.

COM(Mw/h) son los costos de operación y mantenimiento menor que debe llevar a cabo la central durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de megavatios/hora;

r es la tasa social de descuento pertinente;

n es el horizonte de evaluación del proyecto;

Si las curvas de demanda y oferta SP tienen la forma descrita en el gráfico y se cumplen determinados supuestos de linealidad de las mismas (por ejemplo elasticidad precio unitaria), las estimaciones de los beneficios por mayor consumo y liberación de recursos pueden simplificarse a partir de las siguientes fórmulas respectivamente:

$$DE(P) = \left(\frac{P1^{cp} + P0^{sp}}{2} \right) * (QO^{sp} - Q1^{cp})$$

Donde:

DE(P) es la demanda de energía en el período *i*;

P1^{cp} es el precio CP en el período *i*;

P0^{sp} es el precio SP en el período *i*;

Q0^{sp} es la cantidad consumida SP en el período *i*;

⁴¹ Los costos atribuibles a inversión corresponden a construcción de infraestructura, canales, túneles o tuberías de aducción, salas de máquinas, equipos eléctricos o de energía mecánica de la turbina, generador, el transformador de potencia, control y restitución de obras de la subestación agua, patios y líneas eléctricas, obras complementarias: caminos, la gente, talleres, etc.

QI^{CP} es la cantidad consumida CP en el período i ;

$$OE(P) = \left(\frac{P1^{CP} + P0^{SP}}{2} \right) * QO^{SP}$$

Donde:

$OE^{SP}(P)$ es la oferta de energía en la situación sin proyecto en el período i ;

$P1^{CP}$ es el precio CP en el período i ;

$P0^{SP}$ es el precio SP en el período i ;

$Q0^{SP}$ es la cantidad consumida SP en el período i ;

4.3.2.3. Efectos complementarios

Cuando el agua utilizada para la producción de energía se vierte hacia el río y puede utilizarse en otros usos, deben estimarse los beneficios netos generados por tales usos. Cualquiera sea el caso, dado que el agua utilizada para la producción de energía se vierte nuevamente al río, deben agregarse los beneficios netos por efecto de su utilización en otros usos (riego, agua potable, turismo y otros), restando los costos sobre los propósitos de defensa fluvial y control de crecidas.

Dado que la presente metodología evalúa los embalses y obras hidráulicas anexas desde una perspectiva multipropósito, para la estimación de estos beneficios y desbeneficios se recomienda aplicar las otras metodologías que se desarrollan en este documento.

4.4. Metodología De Estimación De Beneficios Por Aumento De La Oferta De Agua Potable

Las organizaciones o empresas que proveen abastecimiento urbano y rural de agua potable, indistintamente "sanitarias", ejecutan actividades de captación, tratamiento y distribución del agua y en algunos casos, también la recolección y tratamiento de las aguas residuales.

La función de producción de una sanitaria engloba diferentes procesos para la provisión del servicio:

- **Captación:** Proceso mediante el cual se captan de fuentes superficiales o subterráneas, y con medios propios, los volúmenes del recurso necesarios para el desarrollo de las actividades que les son propias. Dicho producto requiere un tratamiento posterior en la Estación de Tratamiento de Aguas Potables.
- **Potabilización:** el agua salobre procedente tanto del proceso de captación es tratada en las Estaciones de Tratamiento de Aguas Potables, donde a partir del mencionado influente y otros factores productivos se

lleva a cabo un conjunto de procesos que dan lugar a la obtención de agua potabilizada.

- **Desalación:** Proceso en el que a partir del agua salobre se lleva a cabo la separación del agua y las sales.
- **Depuración:** A partir de las aguas residuales se realiza un conjunto de actividades encaminadas a reducir las impurezas que contienen y a devolver tales volúmenes de agua a un medio receptor (mar, río, etc.), cumpliendo los parámetros establecidos por la legislación vigente.

Desde el punto de vista de los beneficios, un embalse provoca un aumento de la oferta de agua cruda en un área. Si esta agua adicional es vendida a una empresa sanitaria, se obtendrá un beneficio por mayor consumo de agua cruda para la generación de agua potable. En cambio, si el agua cruda se libera para su potabilización y entrega a un área sin abastecimiento de agua potable en la situación SP, los beneficios del proyecto corresponden a la liberación de recursos (ahorros de costos por reemplazo de tecnologías alternativas de provisión del agua cruda - por ejemplo ahorros de costos de bombeo -) y al mayor consumo de agua potable.

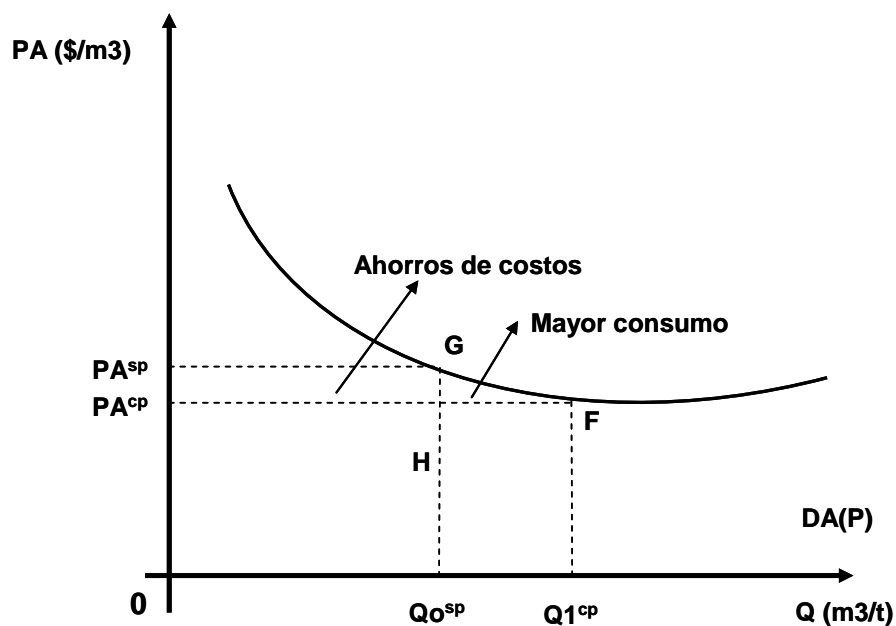
4.4.1. Beneficios por venta de agua cruda embalsada a una empresa o sistema sanitario

Conceptualmente, este beneficio corresponde al aumento de consumo por mayor oferta de agua potable y debe medirse a partir del beneficio marginal social del consumo, es decir, el área debajo de la curva de demanda social. No obstante, por la complejidad de estimar tales curvas, puede aproximarse este beneficio a través de las ventas de agua a la sanitaria. Suponiendo que el proyecto es tomador de precios, los beneficios se pueden estimar como la venta de agua cruda, deducidos los costos de producción e inversión: i) construcción de infraestructura, canales, túneles; ii) tuberías de aducción; iii) equipos de potabilización; iv) operación y mantenimiento; v) obras complementarias: caminos, y otros.

Cuando el proyecto aumenta la oferta de agua potable en un área que dispone de un sistema de agua potable, urbano o rural, suponiendo una curva de demanda no inelástica, el beneficio corresponde al ahorro de costos de la fuente alternativa reemplazada y al aumento de consumo por disminución del precio de equilibrio. La

Figura 15 muestra este caso, donde el beneficio está dado por el área $PA^{cp}PA^{sp}GF$.

Figura 15. Beneficio por aumento del consumo de agua potable y liberación de recursos



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

A los fines de la estimación de los beneficios, se ha supuesto que el proyecto afecta el precio del agua potable⁴².

⁴² La tarifa corresponde a los costos medios de largo plazo (lo que explica la curva de oferta perfectamente elástica). Dado que en Chile se realiza un proceso de evaluación tarifaria cada 5 años, el supuesto de cómo el proyecto afecta el precio de la sanitaria deberá resolverse caso a caso. No obstante, los supuestos aplicados en el presente ejemplo se consideran suficientemente representativos.

El beneficio neto directo por venta de agua cruda en un proyecto que es tomador de precios será igual a:

$$BNAPT = \sum_{i=0}^n \frac{\int_{p=Qo^{sp}}^{Q1^{cp}} DAP(P)_p * dq + (PA^{sp} - PA^{cp}) * Qo^{sp} - Io(QAP / m)_i - (\sum_{h=1}^l DA_h * VDA_h)_i - (COM(QAP / m) * QAP / m)_i}{(1 * r)^i}$$

Donde:

BNAPT es beneficio neto total por aumento de la oferta de agua potable;

DAP(P) es la demanda de agua potable en el período *i*;

PA^{sp} es el precio del agua potable en la situación sin proyecto en el período *i*;

PA^{cp} es el precio del agua potable en la situación con proyecto en el período *i*;

Qo^{sp} es la oferta de agua potable en la situación sin proyecto en el período *i*;

Q1^{cp} es la oferta de agua potable en la situación con proyecto en el período *i*;

Io(QAP/m) son las inversiones en capacidad instalada y de mantenimiento mayor que debe llevar a cabo el sistema de agua potable durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de agua potable/mes⁴³;

DA_i son los derechos de aprovechamiento tipo *h* (*consuntivos*) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir agua potable en el período *i*.

VDA_i es el valor o precio de los derechos de aprovechamiento tipo *h* (*consuntivos*) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir agua potable en el período *i*.

I es el total de derechos de aprovechamiento consuntivos.

COM(QAP/m) son los costos de operación y mantenimiento menor que debe llevar a cabo el sistema durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de provisión de agua potable/mes⁴⁴;

r es la tasa social de descuento pertinente;

n es el horizonte de evaluación del proyecto;

⁴³ Entre los costos de inversión, los típicos corresponden a los de infraestructura y equipo para producir y distribuir agua potable: captación, conducción, bombeo y distribución, incluyendo movimientos de tierra, obras civiles, equipamiento, estudios e inspección técnica, entre otros.

⁴⁴ Los costes de operación se refieren a los productos químicos, energía, mano de obra de mantenimiento de equipos y los gastos generales y de administración.

La curva de demanda refleja la disposición a pagar de las personas por cada unidad marginal de agua consumida. En general la curva de demanda por agua potable es de tipo hiperbólica y su ecuación es de la siguiente forma:

$$LCD = A * P^e$$

Donde:

LCD es la dotación de consumo (l/h/día);

A es la constante que define la curva hiperbólica;

E es la elasticidad precio de la demanda;

P es el precio marginal del agua (\$/m³);

Si la curva de Demanda agregada es del tipo:

$$Q = 0,365 * P_{ob} * LCD$$

$$Q = 0,365 * P_{ob} * A * P^e$$

$$Q = B * P^e$$

Donde:

Q es la cantidad demandada (m³/año);

P_{ob} es la población abastecida (habs.);

Entonces:

$$B = 0,365 * P_{ob} * A$$

El precio límite (PL) es un parámetro que acota los beneficios del proyecto y representa la disposición máxima a pagar por disponer de agua, o el precio de la fuente alternativa de abastecimiento de agua. Si el proyecto permite proveer las Q₀ unidades de agua potable a un menor costo que en la situación SP, existirá la liberación de recursos correspondiente al beneficio estimado.

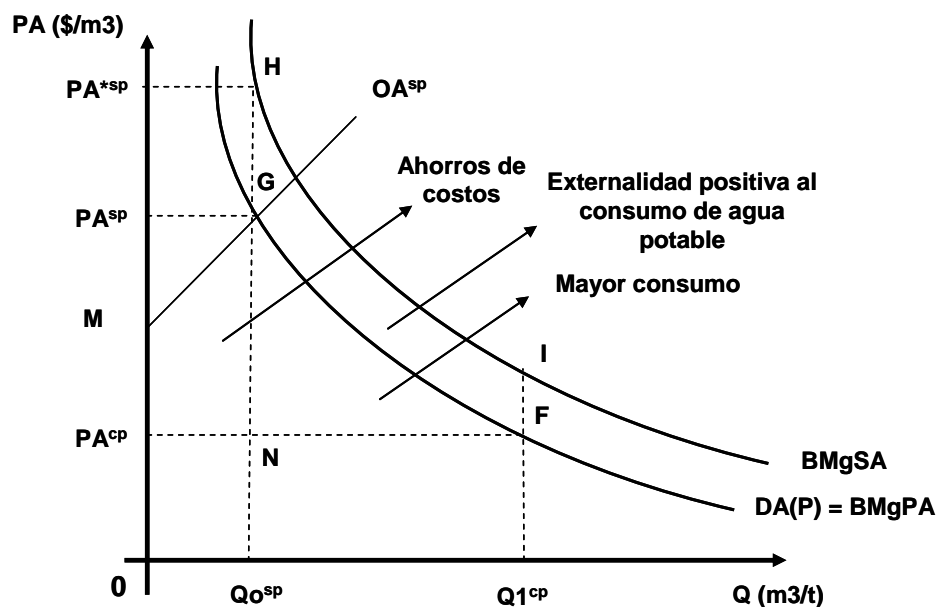
4.4.2. Beneficios netos de provisión de agua potable en área sin sistema de agua potable

Cuando el proyecto provee agua potable en un área sin suministro de la misma (en general en zonas rurales), los beneficios están dados por la liberación de recursos o ahorro de costos por reemplazo de otras fuentes de provisión de agua para consumo humano, aumento de consumo de agua potable por disponer de una fuente permanente de abastecimiento y ahorros de costos por menores niveles de morbilidad de los usuarios que pasan a consumir agua potable en la situación CP.

Cuando el proyecto sustituye la provisión de agua, no necesariamente potable, desde sistemas alternativos como norias o vertientes, a las que las personas van

con vasijas o recipientes a la fuente en búsqueda de agua, se producen los denominados costos de acarreo (o costos en los que el país dejará de incurrir por producir agua potable en la situación CP). Asimismo, dado que los usuarios en la situación SP consumen agua no necesariamente potable, la curva de beneficio marginal por consumo de agua (BMgSA) está por encima de la curva de beneficio marginal privado (BMgPA); es decir, la sociedad atribuye una externalidad positiva al consumo de agua potable (esa diferencia corresponde a los ahorros de costos sociales por menor morbilidad de las personas; por ejemplo por menor probabilidad de existencia de enfermedades gastrointestinales). La Figura 16 presenta la situación SP, suponiendo el consumo de agua a través de acarreo desde fuentes naturales.

Figura 16. Equilibrio en la situación CP y SP



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

En la situación SP el equilibrio está dado por G, consumiéndose Q₀^{SP} a un precio PA^{SP}; con el proyecto, el equilibrio se establece en F, con mayor consumo (Q₁^{CP}) y menor precio (o costo, PA^{CP}). De esta forma, el beneficio por liberación de recursos corresponde al área PA^{CP}MGN, el beneficio por mayor consumo privado está dado por el área GFQ₁^{CP}Q₀^{SP} y el beneficio social por externalidad positiva al consumo de agua potable dado por el área GHIF.

El beneficio por provisión de agua potable en un área sin sistema de agua potable será igual a:

$$BNAPT = \sum_{i=0}^n \frac{\int_{p=Qosp}^{Qlcp} BMgS(P)_p * dq + \int_{p=0}^{Qosp} OA^{sp} - Io(QAP / m)_i * dq - (\sum_{h=1}^I DA_h * VDA_h)_i - (COM(QAP / m) * QAP / m)_i}{(1 * r)^i}$$

Donde:

BNAPT es beneficio neto total por aumento de la oferta de agua potable en un área sin agua potable;

BMgS(P) es la curva de beneficio marginal social por consumo de agua potable en el período i ;

OA^{sp} es la oferta de agua potable en la situación SP en el período i ;

Io(QAP/m) son las inversiones en capacidad instalada y de mantenimiento mayor que debe llevar a cabo el sistema de agua potable durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de agua potable/mes⁴⁵;

DA_j son los derechos de aprovechamiento tipo h (consuntivos) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir agua potable en el período i .

VDA_j es el valor o precio de los derechos de aprovechamiento tipo h (consuntivos) que el sistema debe comprar (o arrendar) para producir agua potable en el período i .

I es el total de derechos de aprovechamiento consuntivos.

COM(QAP/m) son los costos de operación y mantenimiento menor que debe llevar a cabo el sistema durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de provisión de agua potable/mes;

r es la tasa social de descuento pertinente;

n es el horizonte de evaluación del proyecto;

4.5. Metodología De Estimación De Beneficios Por Aumento De La Oferta De Agua Para Minería

El crecimiento de la actividad minera en la última década, principalmente por el incremento en el precio internacional del cobre, ha llevado a un aumento considerable en la demanda de agua cruda para la explotación en el sector. Atento a ello y a la escasez relativa del agua en el norte del país, donde se

⁴⁵ Entre los costos de inversión, los típicos corresponden a los de infraestructura y equipo para producir y distribuir agua potable: captación, conducción, bombeo y distribución, incluyendo movimientos de tierra, obras civiles, equipamiento, estudios e inspección técnica, entre otros.

concentra mayormente la actividad, ha llevado a las mineras a explorar nuevas fuentes de agua. Además de las fuentes superficiales de captación de los recursos hídricos, la minería obtiene agua de plantas desaladoras, atrapa nieblas y cuencas subterráneas.

4.5.1. Diseño del proyecto

La definición de los requerimientos de agua cruda para usos en la minería dependerá del análisis de usos potenciales; entre los principales, agua para las plantas de procesamiento, para el transporte del mineral o concentrado, para las fundiciones, para los procesos hidrometalúrgicos y electrolíticos, además de las pérdidas correspondientes. El Apéndice I expone con detalle cada uno de los procesos.

Diferentes alternativas han sido planteadas para optimizar el uso del agua y aumentar la disponibilidad del recurso:

- *) Generar precipitaciones artificiales para optimizar la recuperación de aguas a través de un controlador inteligente;
- *) Ejecutar proyectos de infiltración para desarrollar reservorios subterráneos para crecidas;
- *) Desarrollar proyectos de desalinización de agua de mar;
- *) Comprar recursos hídricos a países vecinos con cuencas superavitarias;
- *) Construir obras de trasvase de recursos hídricos desde la zona sur y centro (superavitarias) al norte;
- *) Construir acueductos transregionales para recolectar los excedentes de los embalses de la zona central;
- *) Mejorar los sistemas de captación de neblina;
- *) Explotar recursos hídricos, ubicando recursos fósiles para su posterior explotación;
- *) Disponer de relaves espesados como alternativas para liberar recursos hídricos;
- *) Desarrollar procesos mineros sin agua.

El valor de la mineralización es función de diversos factores: i) geológicos (calidad, tonelaje, condiciones de yacencia etc.); ii) localización (condiciones geográficas); iii) legales; iv) ambientales y v) económicos.

El principal activo de una mina son sus reservas **geológicas** y si estas no existen o la calidad es muy baja entonces la mineralización no posee importancia económica. Este factor comprende los parámetros calidad, cantidad, condiciones de yacencia, morfología, entre otros. La **localización** del posible yacimiento determina la cercanía al mercado, la disponibilidad de mano de obra, energía y existencia de infraestructura etc. Aquellos yacimientos alejados

de los centros industriales deben poseer características muy especiales en términos de cantidad, calidad y valor de la materia prima para poder ser económicos.

El enfoque de la **función de producción** es la técnica más ampliamente aplicada para la valoración del agua en la industria: la demanda por insumos del productor está dada por el VPMgA en la minería, de acuerdo a la siguiente función:

$$M = f(K, L, R, Y, A)$$

Donde:

M es la función de producción de la minera;

K es el factor capital;

L es el factor trabajo;

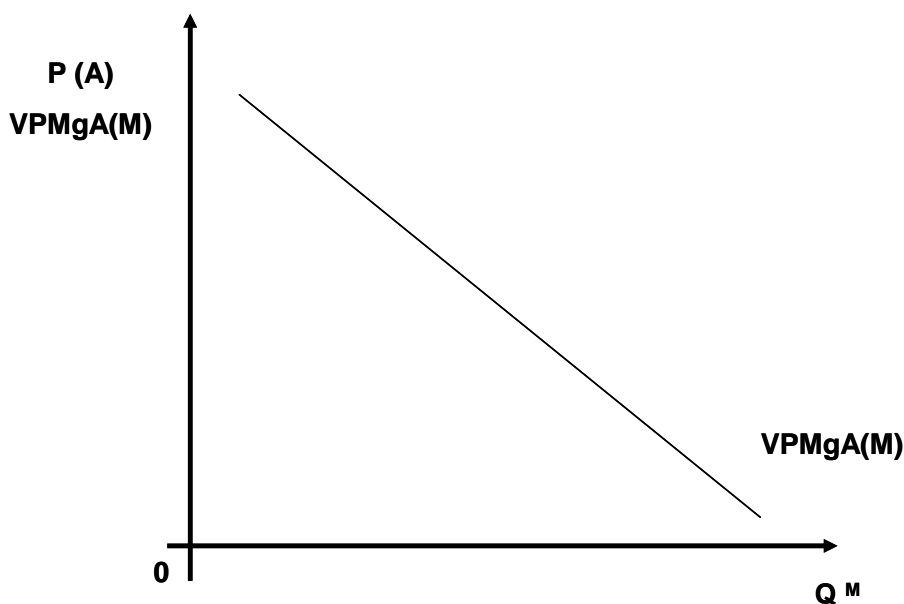
Y es el factor yacimiento;

A es el factor agua;

La

Figura 17 muestra la demanda agregada de agua para los diferentes usos mineros.

Figura 17. Demanda por agua en la minería



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

En equilibrio deberá cumplirse que:

$$PA = VPMgAg = PMgA * PM$$

Donde:

PA es el precio del agua;

VPMgA es el valor del producto marginal del agua en la minería;

PMgA es la productividad marginal del agua en la minería;

PM es el precio del producto final minero.

El ritmo de producción es un parámetro que posee gran influencia sobre la rentabilidad económica del yacimiento. La producción anual determina las inversiones capitales, el nivel de costo de operación y los ingresos anuales. La producción anual depende de: i) sistema de explotación (La explotación a cielo abierto permite una minería a mayor escala, menores costos de explotación, mayor productividad y por consiguiente mayor producción anual); ii) tonelaje del yacimiento (reservas estimadas y potenciales) (tabla de Taylor); iii) demanda de la materia prima; iv) magnitud de la inversión capital.

La producción anual debe seleccionarse en correspondencia a las reservas estimadas del yacimiento. La producción anual y el tonelaje del yacimiento (reservas de mineral útil) determinan el tiempo de vida del yacimiento. Debe tenerse presente, que en la mayoría de los casos, se trata de establecer un ritmo óptimo mínimo para la operación en sus primeros años, ya que puede hacerse una expansión posteriormente si estudios futuros así lo recomendaran. En literatura técnica existen algunas formulas de estimación del ritmo óptimo de producción a partir de las reservas que se consideran explotables dentro del yacimiento. La primera formula es conocida como regla de Taylor (1976) según su autor es aplicable, en principio, a cualquier tipo de yacimiento y es independiente del método de explotación. La fórmula propuesta por Taylor es:

$$AM (Mt/año)=0,15*Reservas(t)^{0,75}$$

Donde:

AM (Mt/año) es producción anual;

MT es toneladas métricas;

Reservas(t) corresponde a las reservas en el momento t;

0,15 y 0,75 son parámetros dados por la fórmula;

En las minas de cielo abierto la fórmula es:

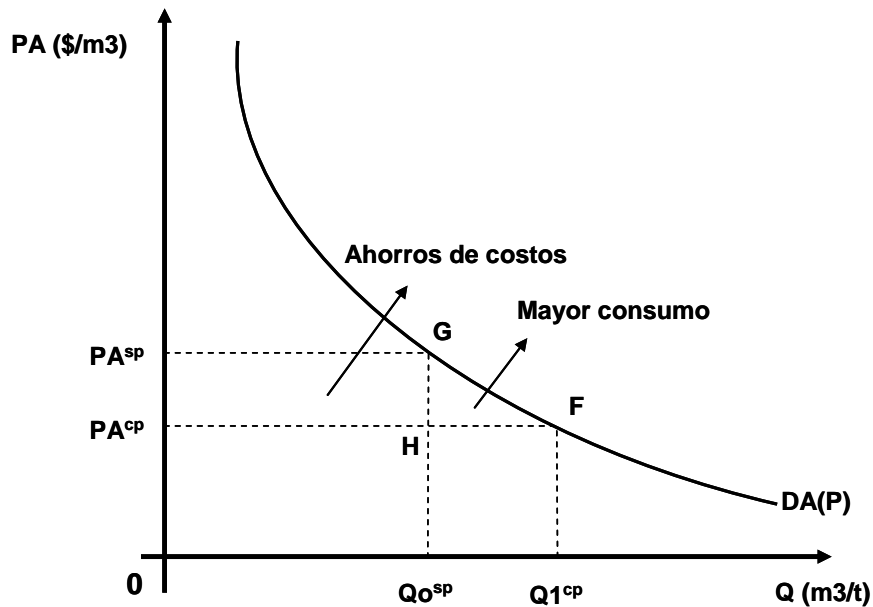
$$AM (t/año)=5,63*reservas (t)^{0,756}$$

Estas fórmulas empíricas constituyen herramientas útiles en las evaluaciones preliminares de la viabilidad de explotación de un yacimiento.

4.5.2. Beneficios netos del proyecto de provisión de agua para la minería

Dado que el proyecto aumenta la oferta de agua cruda para uso en la minería, suponiendo una curva de demanda no inelástica (según los supuestos desarrollados en el apartado anterior), el beneficio corresponde al ahorro de costos de la fuente alternativa reemplazada y al aumento de consumo por disminución del precio de equilibrio. La Figura 18 muestra este caso, donde el beneficio está dado por el área $PA^{cp}PA^{sp}GF$. El beneficio por liberación de recursos es igual al área $PA^{cp}PA^{sp}GH$ y el mayor consumo de agua cruda corresponde al área $GFQ1^{cp}Q0^{sp}$.

Figura 18. Beneficio por aumento del consumo de agua cruda y liberación de recursos



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

De esta forma, el beneficio neto por aumento de la disponibilidad de agua cruda para la minería por efecto del proyecto será igual a:

$$BNAM = \sum_{i=0}^n \frac{\int_{p=Qosp}^{Q1cp} DAM(P)_p * dq + (PA^{sp} - PA^{cp}) * Qo^{sp} - Io(QAM_i - (\sum_{h=1}^l DA_h * VDA_h)_i) - (COM(QAM) * (Q1^{cp} - Q0^{sp}))_i + XN_i}{(1 * r)^i}$$

Donde:

BNAM es beneficio neto total por aumento de la oferta de agua cruda en la minería;

DAM(P) es la demanda de agua cruda para la minería en el período i ;

PA^{SP} es el precio del agua cruda en la situación sin proyecto en el período i ;

PA^{CP} es el precio del agua cruda en la situación con proyecto en el período i ;

Qo^{SP} es la oferta de agua cruda en la situación sin proyecto en el período i ;

QI^{CP} es la oferta de agua cruda en la situación con proyecto en el período i ;

Io(QAM) son las inversiones en capacidad instalada y de mantenimiento mayor que debe llevar a cabo el sistema de producción minero durante el horizonte de vida del proyecto;

DA_i son los derechos de aprovechamiento tipo h (*consuntivos*) que la minera debe comprar (o arrendar) para utilizar agua cruda en el período i .

VDA_i es el valor o precio de los derechos de aprovechamiento tipo h (*consuntivos*) que la minera debe comprar (o arrendar) para utilizar agua cruda en el período i .

I es el total de derechos de aprovechamiento consuntivos.

COM(QAM) son los costos de operación y mantenimiento menor que debe llevar a cabo el sistema durante el horizonte de vida del proyecto y que es función de la provisión de provisión de agua potable/mes;

XN_i son los beneficios netos indirectos, secundarios y externalidades generados por la minería. Por ejemplo, efectos ambientales por aumentos de los residuos industriales contaminantes y los costos de desarrollo de nueva infraestructura para viabilizar los proyectos mineros: nueva vialidad, nuevos desarrollos urbanos, nuevo equipamiento (educación, salud), beneficios por aumento de la productividad laboral en el sector y otros.

r es la tasa social de descuento pertinente;

n es el horizonte de evaluación del proyecto;

4.6. Metodología De Estimación De Beneficios Por Defensa Fluvial Y Control De Crecidas

Los proyectos de defensas fluviales tienen por finalidad prevenir las inundaciones por crecidas de los caudales de ríos con regímenes pluviales y nivales aguas arriba de un área determinada. Entre las alternativas de obras de defensas fluviales se encuentran las siguientes:

- Limpieza y rectificación del cauce

- Obras de construcción de defensas fluviales
- Obras de canalización
- Obras de abovedamiento.
- Embalses y sistemas de interconexión de hoya hidrográficas.

4.6.1. Diseño del proyecto

Para llevar a cabo un proyecto de defensas fluviales es fundamental contar con antecedentes hidrológicos, topográficos y geomorfológicos. Así también se requerirá antecedentes sobre inundaciones anteriores, daños provocados, zonas afectadas, etc.

Para recopilar esta información se puede acudir a las Municipalidades, ENDESA, Dirección General de Aguas (MOP), Dirección Meteorológica de Chile, Departamento de Obras Fluviales del nivel regional-MOP, Empresas Nacionales de Obras Sanitarias, Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Instituto Geográfico Militar, Comisión Nacional de Riego, INDAP y en cualquier otro organismo público o privado que pudiese tener información de utilidad para el estudio. Más allá de los antecedentes genéricos que se indicaron en el capítulo de formulación general del proyecto, en el caso específico de los proyectos de defensa fluvial deberán tomarse en consideración los aspectos, los antecedentes que se describen a continuación y en el Apéndice J.

En función de los daños que se espera evitar, se debe plantear la mayor cantidad de **alternativas técnicas de proyecto** que den solución al problema⁴⁶. Obviamente, todas las propuestas deberán tener el correspondiente análisis de factibilidad técnica para permitir la efectiva materialización física de las alternativas. Asimismo, como parte de la definición de alternativas, debe optimizarse situación actual, definiendo pequeñas inversiones u obras que podrían obtener parte de los beneficios esperados. Ello implica definir los caudales máximos por debajo de los cuales los daños producidos no son significativos. En general, obras de limpieza y rectificación de cauces y entubamiento de recursos fluviales pueden constituir un mejoramiento de la situación actual.

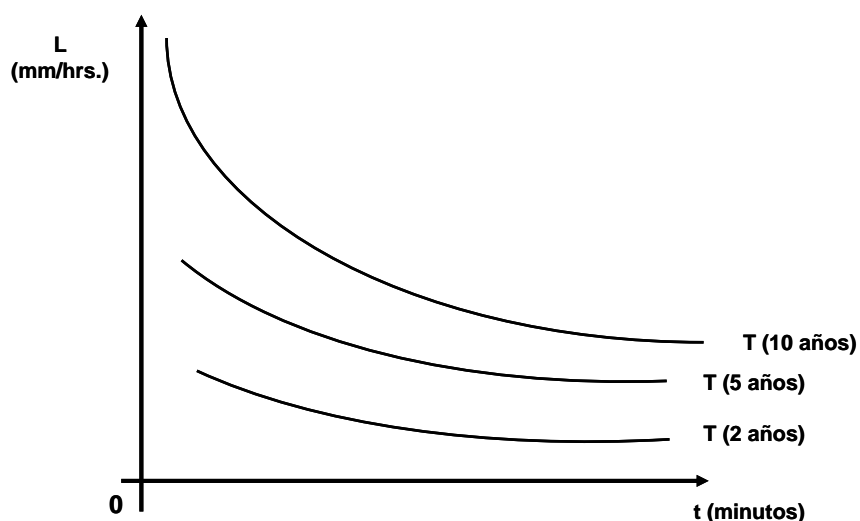
La definición de las alternativas implica también la estimación de las curvas de intensidad – duración – frecuencia para conocer los tamaños de diseño para los períodos de retorno⁴⁷ de 2, 5, 10, 25 y 100 años. Esta tarea es de carácter técnico y previa al análisis económico (

Figura 19).

⁴⁶ En estas ideas de proyectos, se plantean soluciones para eliminar los puntos de estrechamiento de cauces, regularización de riberas para mejorar su rugosidad, ampliación general del lecho, construcción de defensas en sectores externos al cauce con el fin de limitar las zonas de inundación, canalización, revestimiento de cauces, dar un nuevo trazado al cauce para dar descarga en otros sectores posibilitando deprimir el eje hidráulico, embalses y cualquier otro tipo de obra que permita obtener los beneficios esperados.

⁴⁷ Se define como período de retorno a la inversa de la probabilidad de ocurrencia de una inundación para un período de n años.

Figura 19. Curvas de intensidad – duración – frecuencia



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

4.6.2. Beneficios netos de los proyectos de defensa fluvial y control de crecidas

En proyectos de defensas fluviales y control de crecidas los beneficios corresponden a los ahorros de costos por evitar o disminuir las pérdidas por daños en bienes raíces, bienes muebles, bienes públicos y cultivos, entre otros (reparación o reposición de puentes, reposición y conservación de vías, reparación y mantenimiento de áreas verdes, limpieza de áreas públicas, evacuación y mantención de familias afectadas por inundaciones, reducción de pérdidas de producción agropecuaria, reducción de pérdidas de viviendas, mobiliario, vehículos, establecimientos comerciales, industriales, entre otros). A los anteriores deben sumarse los beneficios asociados a la recuperación de terrenos en las riberas y áreas anegadizas.

Los beneficios del proyecto provienen de daños evitados por menor contacto directo del agua con los diferentes bienes muebles e inmuebles. El monto de estos daños será equivalente a la suma necesaria para la recuperación de los bienes involucrados, devolviéndoles las condiciones que tenían antes de la catástrofe. Si la reconstrucción o restauración es físicamente imposible de realizar, se considera como beneficio el valor presente de la productividad esperada, en el caso que no hubiera sucedido el evento. El Apéndice I desarrolla con mayor detalle estos beneficios.

Para medir y valorar los beneficios de un proyecto que reduce las inundaciones, se pueden aplicar, dependiendo del tipo de beneficio, las siguientes metodologías:

- Precios hedónicos
- Daños evitados y ahorros de costos
- Valoración contingente

La aplicabilidad de los métodos depende fundamentalmente del tipo de beneficio que se espera estimar. En general, para estimar beneficios por daño evitado en el sector turismo, sector urbano (propiedades, infraestructura vial, infraestructura ferroviaria, gastos de emergencia y limpieza de vías y sumideros), sector agrícola y sector portuario, se recomiendan los métodos de daño evitado y precios hedónicos. Para estimar beneficios por recuperación de terrenos anegadizos en general es preferible el método de precios hedónicos, el que también puede utilizarse para estimar los beneficios en propiedades privadas, comerciales e industriales. Para la estimación de los beneficios por disminución de los costos generalizados de viaje, ausentismo laboral y menor probabilidad de enfermedades se utilizan enfoques de ahorros de costos. Por último, para la estimación de beneficios por menores molestias a las personas, pérdidas de vidas humanas y mejora del bienestar y seguridad de las personas, se recomienda el uso de la valoración contingente.

A los fines de la cuantificación y valoración de beneficios netos, esta metodología supone que en la situación SP los deterioros provocados por las lluvias aguas arriba son aluvionales, mientras en la situación CP son inundacionales por la acción regulación atribuida al embalse y obras hidráulicas anexas: dado que en la situación CP la evacuación de los caudales es relativamente controlada, se espera que los deterioros y daños ocasionados por los flujos efluentes sean considerablemente menores a los observados en la situación SP.

En lo que sigue se presenta el instrumental de estimación de beneficios, el que combina los diferentes métodos anteriormente presentados (daño evitado, precios hedónicos, valoración contingente y otros).

4.6.2.1. Beneficios por daño evitado

De acuerdo la teoría de decisiones bajo incertidumbre y suponiendo neutralidad al riesgo, el beneficio por daño evitado asociado a la inundación estará determinado por la esperanza matemática de los menores daños en la situación CP. Así, los beneficios para un año t estarán dados por la siguiente ecuación:

$$B_t = \int_0^{\infty} P(i) * (C_{sp}(i) - C_{cp}(i)) \bar{d}i$$

Donde,

B_t son beneficios del proyecto en el año t ;

$P(i)$ es la probabilidad de ocurrencia de la tormenta de intensidad i ;

$C_{sp}(i)$ es el costo asociado a la tormenta de intensidad i en la situación SP;

$C_{cp}(i)$ es el costo asociado a la tormenta de intensidad i en la situación CP;

Esta ecuación corresponde al valor esperado del ahorro de costos para el año t , por lo cual considera las tormentas de todas las intensidades entre 0 e infinito, aún cuando en la práctica se adopte como límite de cálculo, una intensidad de muy baja recurrencia (100 años o más). Naturalmente, en la función de costos está

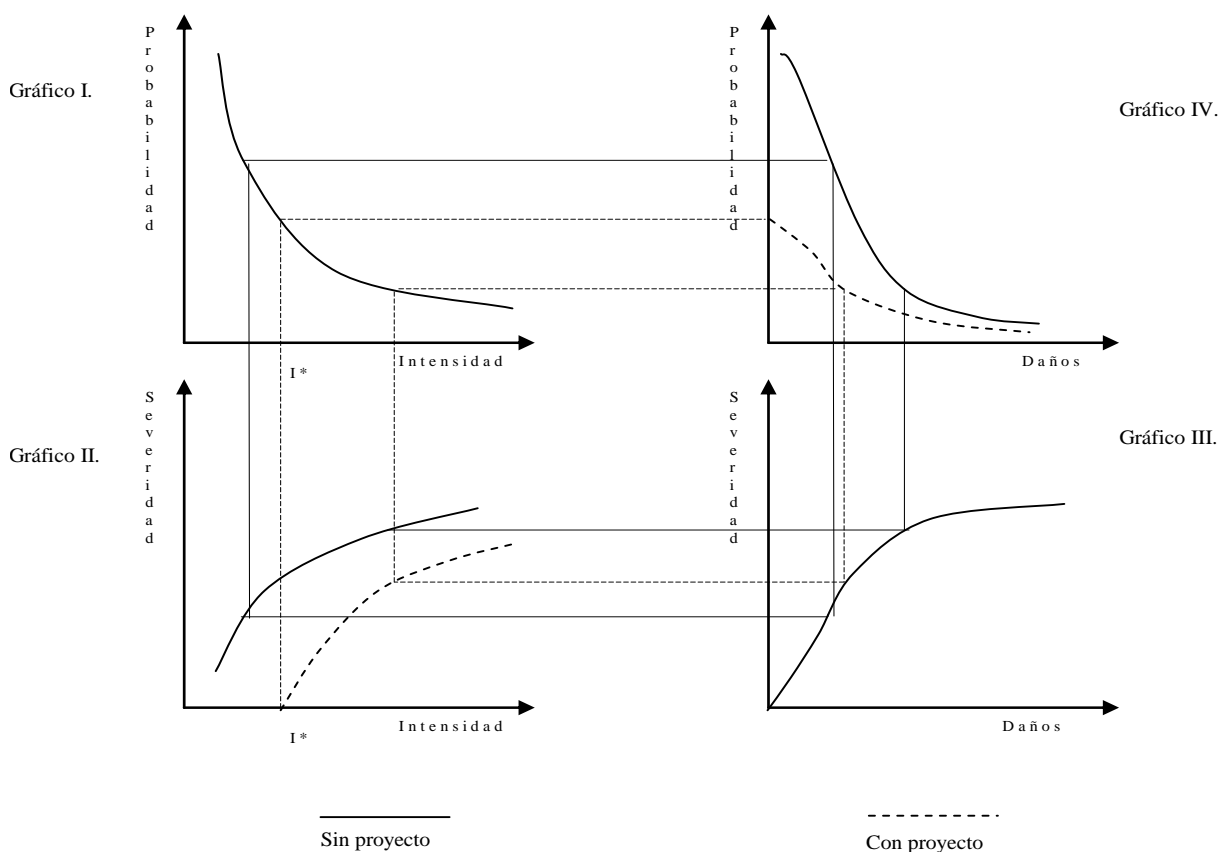
implícita la relación intensidad de lluvia – severidad de la inundación y la relación entre severidad de la inundación y daños.

Para cuantificar y valorar los beneficios asociados a un nivel de protección contra inundaciones, este método estima en terreno cada uno de los daños evitados respecto de la situación SP, tanto a los propietarios y usuarios de las viviendas como al resto de los afectados por las inundaciones. En general, la magnitud de los daños producidos en una inundación depende de múltiples factores siendo los más importantes: i) altura media de agua y/o altura local de agua en la zona inundada; ii) velocidad de escurrimiento; iii) época del año en que sucede la inundación; iv) tiempo transcurrido desde la inundación anterior (frecuencia) y v) duración de las mismas. Estas pueden ser evaluadas solamente si se cuenta con registros estadísticos de inundaciones anteriores.

La estimación de beneficios del proyecto se construye a partir de una curva de costos – probabilidad (Figura 20). A mayores niveles de precipitaciones aguas arriba, mayores los grados de severidad de las inundaciones aguas abajo (Figura II). La severidad de una inundación es un fenómeno multivariado, relacionado con la altura del agua sobre la calle, la duración de la inundación, la velocidad de las aguas, el arrastramiento de sedimentos y los contaminantes que puedan acarrear. Distintas configuraciones de estos últimos valores (altura, duración, etc.), producen distintos niveles de severidad. Para distintas severidades de inundación se obtienen diferentes costos, que crecen a medida que la inundación es más severa (gráfico III de la figura).

La curva costos – probabilidad de ocurrencia, se construye a partir de la información anterior. Para un nivel dado de intensidad de inundación (gráfico I), el proyecto provoca una reducción de la severidad (gráfico II), lo cual a su vez conlleva una reducción de los daños (gráfico III) para una determinada probabilidad de ocurrencia de precipitaciones agua arriba (gráfico IV). El desplazamiento hacia abajo de la curva severidad – intensidad es el resultado del proyecto.

Figura 20. Estimación de beneficios por daño evitado



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

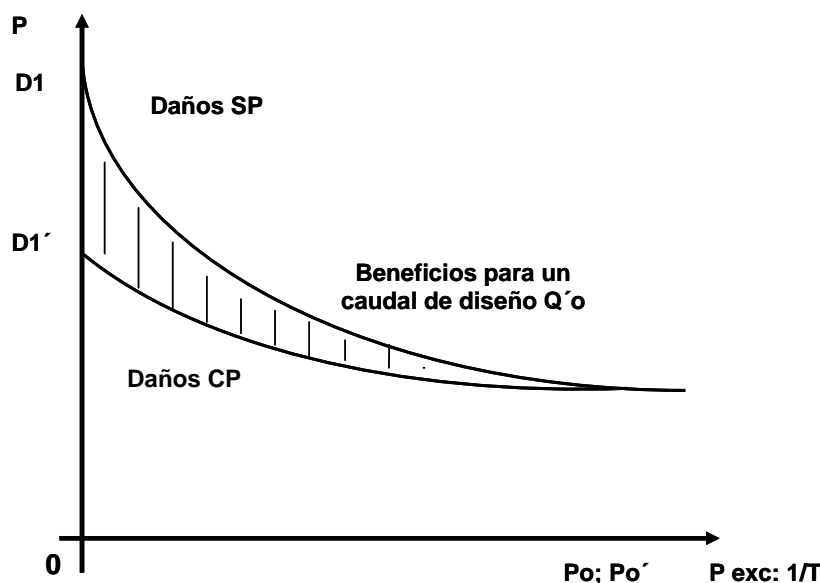
Las pérdidas anuales por desbordes fluviales en la situación SP se calculan como la esperanza matemática de los daños, multiplicando, a partir de la relación daños – probabilidad de excedencia, el incremento de probabilidad asociado a cada nivel de inundación por el monto de los daños correspondiente. De la suma de todos estos resultados se obtienen las pérdidas anuales esperadas (integral de la curva o área debajo de la curva D1P0 en la Figura 21).

En la situación CP el caudal máximo esperado **Q1** generará daños **D1'** menores que **D1**, ya que el volumen de agua de desborde se supone que habrá disminuido. De esta forma, se puede obtener una nueva curva CP que tendrá un valor de daños anuales esperado, menor que el de la situación SP. Luego para un caudal de diseño, **Q0'** los beneficios estarán dados por el área **D1P0P0'D1'**. Se puede así construir curvas de daños – probabilidad de excedencia para distintos tamaños de obra (período de retorno de diseño).

Por ejemplo, si el embalse es llenado en x horas, el caudal efluente puede ser evacuado a través de las obras de desagüe de medio fondo y del vertedero, lo cual provocará daño por inundación aguas abajo. En tanto, si el embalse se llena en $x + 1$ horas, el vertedero comenzará a evacuar a través del desagüe de medio fondo, por lo cual el caudal producía daños sólo por 1 hora. Expuesto de otro

modo, mientras el **Volumen Muerto (VM)** y el **Volumen de Regulación (VR)** no se llenen, entonces el caudal evacuado por el embalse será 0 m³/s. En el caso que VM y VR estén llenos, entonces el caudal CP será mínimo 0 m³/s y máximo será de X m³/s.

Figura 21. Curvas de intensidad – duración - frecuencia



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

La velocidad de evacuación⁴⁸ depende de la altura de agua y del volumen de regulación de crecidas según la siguiente relación:

$$V = \sqrt{2gh}$$

Donde:

V es la velocidad de evacuación;

g es el cociente de gravedad;

h es la altura del agua, que depende de la topografía de la hoya para diferentes cotas del muro.

i. Beneficio por menor daño en propiedades residenciales y recuperación de terrenos anegadizos

Los beneficios por este concepto se estiman a través del **Método de Precios Hedónicos**, que se basa en los precios de las propiedades⁴⁹. La función hedónica de un bien puede presentarse como:

⁴⁸ La velocidad es proporcional a la raíz cuadrada del doble de la aceleración de gravedad multiplicado por la altura del nivel de evacuación del agua.

$$PX = f(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, \dots, z_n)$$

Donde:

P_x es el precio del bien x;

z_i son los atributos i que tiene el bien x.

Si se incrementa la cantidad de un atributo sin variar la cantidad del resto, el resultado esperado es el incremento del precio del bien x. Luego, el precio del atributo, en este caso una menor probabilidad de daño, se obtiene derivando la función de precios hedónicos respecto al atributo incrementado:

$$\frac{\partial P_x}{\partial z_i} = P(z_i) = \Delta P_j$$

Donde

ΔP_j es el incremento en el precio de los inmuebles de características j (diferencia entre tener o no el atributo defensa fluvial y control de crecida)⁵⁰;

Tomando la función estimada en la metodología de defensa fluvial de MIDEPLAN (www.mideplan.cl), el cambio en el precio de los inmuebles se estima de la siguiente manera:

$$\frac{\partial P_x}{\partial z_i} = \varepsilon^{(-0,033987 * \Delta Severidad + 0,5 * 0,012^2) - 1}$$

Donde:

$\frac{\partial \Delta P}{\partial z_i}$ es la variación en el precio de las viviendas al alterar el atributo "probabilidad de sufrir inundación"

Δ **Severidad** es la variación del Índice de Severidad debido a las obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

El valor obtenido por este método corresponde al valor presente del beneficio esperado por menores daños directos en las propiedades, por lo que corresponde registrarlo en el primer año del flujo de beneficios del proyecto.

⁴⁹ Una amplia revisión de este método fue realizada en el capítulo de riego, por lo cual se recomienda recurrir a éste a fin de complementar el entendimiento de su aplicación en este caso.

⁵⁰ En el caso de las viviendas, su precio se determina por los siguientes atributos: i) Tamaño, orientación y calidad del terreno y edificación; ii) ubicación (accesibilidad a centros de trabajo, comerciales, asistenciales y áreas de recreación), iii) urbanización del barrio y iv) probabilidad de inundarse.

La información de precios de las viviendas puede ser obtenida a través de consulta a corredores de propiedades, revisión de avisos de compra – venta de propiedades, opinión experta de corredores inmobiliarios o bien a través de encuestas a los residentes. Alternativamente, puede utilizarse la base de datos del Servicio de Impuestos Internos y corregir dicha estimación por un factor que dé cuenta de la subvaloración de la tasación respecto del valor comercial (se obtiene a través del análisis de una muestra representativa). Luego, la única variable que queda por despejar es la “severidad”, que queda determinada de acuerdo a la Tabla N°4.A.

Tabla N°4.A

Índice de Severidad en función de la Altura de Inundación y probabilidad de Excedencia

Altura Inundación (cm.)	Probabilidad de Excedencia		
	1%-20%	20% - 50%	> 50%
0 cm.	0	0	0
0,1 - 10 cm.	1	1	1
10,1 - 20 cm.	2	3	4
> 20 cm.	6	7	8

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Si la probabilidad de excedencia está entre 1% y 20%; para todas las tormentas simuladas la altura de inundación no es mayor que 0 centímetros, el indicador de severidad es cero; si es mayor que cero y menor que 10 (sólo inundación en la calle), el indicador es 1; si la altura de inundación es mayor a 10 y menor a 20, el indicador de severidad será 2; si es mayor a 20 centímetros (se inunda el interior de la vivienda) el indicador será 6; este mismo procedimiento se aplica para probabilidades de excedencia de entre 20% y 50% y mayores a 50%.

Desde ya, aplicación de este método requiere de información confiable sobre el precio de las propiedades. Asimismo, estos precios deben estar asociados a predios con diferentes niveles de riesgo de ocurrencia del fenómeno en estudio. Desde un punto de vista práctico, dichas transacciones de terrenos pueden ser reemplazadas por una variable proxy como los avalúos fiscales realizados por el Servicio de Impuestos Internos.

Alternativamente, para evaluar beneficios de las obras en las viviendas, puede utilizarse el **Método de Valoración Contingente**, a partir de la información provista directamente por los beneficiarios a través de un cuestionario en el que se plantea un escenario hipotético y sobre el cual el individuo “declara” su máxima disposición a pagar (DAP) por un cambio en la cantidad o calidad de un bien determinado⁵¹. El Apéndice K desarrolla con mayor detalle la aplicación del

⁵¹ También se puede preguntar por la mínima disposición a aceptar compensación; sin embargo, este procedimiento es menos recomendado, ya que la evidencia empírica demuestra que se obtienen valores consistentemente mayores que los obtenidos al preguntar por la máxima DAP (y por lo tanto, eventualmente sobreestimados).

método de valoración contingente en proyectos de embalses y obras hidráulicas anexas.

La desventaja principal de este método es la presencia de sesgos que pueden subvalorar o sobrevalorar la DAP y, por tanto, los beneficios del proyecto. Para minimizar aquello es fundamental el diseño y aplicación de la encuesta⁵². Otra dificultad de aplicación tiene que ver con internalización en las preferencias de los entrevistados de la probabilidad de ocurrencia de las inundaciones. Por ejemplo, no se recomienda aplicar este método en períodos “críticos”: después de una lluvia de importancia o después de un período de años secos, ya que las respuestas estarán influenciadas por la experiencia inmediata o más reciente.

ii. Beneficio por menor daño en propiedades comerciales e industriales y organismos públicos

El daño en locales comerciales, industriales y públicos se estima en función de la altura de inundación al interior de la propiedad en la tormenta centenaria, definida como la altura de inundación sobre el nivel de la calle, menos 20 cms⁵³.

Altura de agua sobre la solera (metros)	Pd (% del valor de la propiedad)
0 – 0,10	0%
0,10 – 0,20	5%
0,20 – 0,30	10%
0,30 y mayores	15%

Tabla 4. Porcentaje de daño en función de la altura de inundación

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología de Formulación y evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias – MIDEPLAN (2010).

Por tanto, deberá obtenerse información del precio de locales comerciales, industriales y públicos y multiplicar el precio promedio por m² por la superficie

⁵² Un sesgo de importancia es el denominado sesgo estratégico del entrevistado; este se presenta cuando el entrevistado cree que con su respuesta puede influir en la decisión final que se tome sobre la propuesta de proyecto: si tiene la percepción que la solución de los problemas causados por las inundaciones es competencia del Estado y es éste quién asumirá su costo, sobrestimará su DAP; en caso contrario, si el entrevistado cree que le cobrarán en función de su respuesta a la encuesta, subestimaré la DAP.

⁵³ Esto significa que para que se empiece a producir daños al interior del local, la altura mínima (h/mín) de inundación debe ser de 20 cm. sobre el nivel de la calle.

inundable. Los daños CP y SP se estimarán a partir de la información presentada en la Tabla 4.

El beneficio por menores daños en propiedades comerciales, industriales y organismos públicos se estima de la siguiente manera:

$$BMDCIP = \left[\sum_{f=1}^m (DC_f^{sp} - DC_f^{cp}) + \sum_{j=1}^n (DI_j^{sp} - DI_j^{cp}) + \sum_{l=1}^t (DP_l^{sp} - DP_l^{cp}) \right] * \Pi_i$$

Donde:

BMDCIP es el beneficio por menores daños en propiedades comerciales, industriales y públicas;

DC^{sp} es el daño en las *m* propiedades comerciales en la situación SP;

DC^{cp} es el daño en las *m* propiedades comerciales en la situación CP;

DI^{sp} es el daño en las *n* propiedades industriales en la situación SP;

DI^{cp} es el daño en las *n* propiedades industriales en la situación CP;

DP^{sp} es el daño en las *t* propiedades públicas en la situación SP;

DP^{cp} es el daño en las *t* propiedades públicas en la situación CP;

Π_i es la probabilidad de ocurrencia de la tormenta *i*;

iii. Beneficio por menor deterioro de la infraestructura vial

El daño en la infraestructura vial se determina en función de la superficie inundada y la altura de inundación producida en las calles de interés, información proporcionada por el modelo de simulación computacional de las tormentas, complementada por antecedentes obtenidos en terreno como visitas en días de lluvia, entrevistas a residentes, entre otros. De esta forma:

$$BMDIV = CR^{sp} - CR^{cp}$$

Donde

BMDIV es el beneficio por menores daños en la infraestructura vial;

CR^{sp} es el costo anual esperado de reposición de la infraestructura vial deteriorada por las inundaciones en la situación SP;

CR^{cp} es el costo anual esperado de reposición de la infraestructura vial deteriorada por las inundaciones en la situación CP;

Para la estimación del costo por deterioro de pavimentos, en las situaciones SP y CP se aplica la siguiente ecuación:

$$CR^{sp/cp} = \sum_{i=1}^n (\Omega_i^{np} * S_i^{np} * C_i^{np} + \Omega_i^p * S_i^p * C_i^p) * \Pi_i$$

Donde:

Ω_i^{np} es el coeficiente de rotura para calles no pavimentadas asociado a la inundación i ;

S_i^{np} es la superficie no pavimentada que es inundada por la tormenta i ;

C^{np} es el costo de reparación de las calles no pavimentadas;

Ω_i^p es coeficiente de rotura para calles pavimentadas asociado a la inundación i ;

S_i^p es la superficie pavimentada que es inundada por la tormenta i ;

C^p es el costo de reparación de las calles pavimentadas;

Π_i es la probabilidad de ocurrencia de la tormenta i ;

El supuesto que subyace a esta estimación de beneficio es el que la reposición del pavimento no se efectuará después de cada evento; sino que una vez al año. Los coeficientes de rotura, función de la altura de inundación, se presentan en la Tabla N°4.B. Los antecedentes específicos de la zona en estudio deberán obtenerse de MINVU, SECTRA y DV del MOP, entre otros.

Tabla N°4.B
Coeficiente de Rotura (Ω) en función de Altura de Inundación

Altura del agua (metros)	Calles pavimentadas (Ω^p)	Calles no pavimentadas (Ω^{np})
0,05 - 0,15	0	0,05
0,15 - 0,20	0,01	0,10
0,20 - 0,25	0,02	0,15
0,25 - 0,30	0,03	0,20
Más de 0,30	0,04	0,25

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología de Formulación y evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias – MIDEPLAN (2010).

iv. Beneficios por daños evitados en el sector agrícola

Las inundaciones de agua reducen la capacidad de utilización de los terrenos adyacentes en los momentos en que se producen pues afectan el uso de los terrenos agrícolas, reducen o destruyen siembras y plantaciones, y producen problemas en la masa ganadera en sentido amplio (incluye ganado bovino, ovino o de aves de corral y otros).

Desde el punto de vista de la productividad agrícola, los daños evitados se pueden clasificar en:

- **Daño al suelo, cultivos e infraestructura de riego intrapredial:** corresponde a la pérdida de cosecha, estimada como el promedio ponderado de los ingresos por ventas⁵⁴.
- **Infraestructura de Riego Extrapredial:** corresponden a la pérdida de embalses inter-turnos y sus canales de distribución, estimados a partir del costo de reposición.
- **Viviendas Rurales:** con la misma metodología aplicada al área urbana se estima el valor de estas, considerando los daños a los sistemas de sanitización, recuperación habitacional y enseres, entre otros.

El beneficio neto por menores pérdidas de producción se estima de la siguiente manera:

$$BMDAgric = \left[\sum_{f=1}^m (DAgric_f^{sp} - DAgric_f^{cp}) \right] * \Pi_i$$

Donde:

BMDAgric es el beneficio por menores daños en propiedades agrícolas;

DAgric^{sp} es el daño en las m propiedades agrícolas en la situación SP;

DAgric^{cp} es el daño en las m propiedades agrícolas en la situación CP;

Π_i es la probabilidad de ocurrencia de la tormenta i ;

Alternativamente, las pérdidas de productividad de los predios agrícolas pueden estimarse a partir del valor de los terrenos dado que, en equilibrio, su precio es el valor presente de los flujos futuros de beneficios que producen a sus propietarios. Así, dos terrenos con iguales atributos, presentarán diferentes flujos de beneficios netos:

BN1 BN2,... BN i ..., (el no inundable) y

⁵⁴ Los *daños parciales* corresponden a la superficie cultivada que sufre daños por depósito de sedimentos, sin daño al suelo que lo sustenta. El costo de recuperación de suelo por hectárea se estima tomando en cuenta la pérdida total del cultivo que se encontraba en etapa de cosecha, agregando el costo de reposición de las cintas de riego y limpieza de suelo. Los *daños totales* corresponden a las pérdidas de cultivos en etapa de cosecha, el costo de reposición de la infraestructura de riego intrapredial y reposición del suelo.

$BN1\ BN2,...\ BN_{inunda\ t} \dots$, (el inundable en el año t)

Entonces el precio del terreno no inundable (PNI) será:

$$PNI = VAN (BN1\ BN2,...\ BN_t....),$$

En tanto el del terreno inundable (PI) será:

$$PI = VAN (BN1\ BN2,...\ BN_{inunda\ (t)} \dots BN_{inunda\ (t+r)} \dots BN_{inunda\ (t+s)} \dots).$$

Y dado que:

$$BN_t > BN_{inunda\ t}, \text{ entonces } PNI > PI.$$

Los beneficios privados internalizados en el precio dependen de la severidad de las inundaciones, pero además de la frecuencia de las mismas.

4.6.2.2. Beneficios por disminución de los Costos Generalizados de Viaje

Cuando el proyecto provoca menores inundaciones, permite que los viajes urbanos e interurbanos mejoren su estándar de servicio, obteniéndose un beneficio por ahorros de los costos de viaje (por mayor velocidad de circulación, básicamente). La estimación de este tipo de beneficios se efectúa sobre la base de la siguiente ecuación:

$$BACGV = CGV^{sp} - CGV^{cp}$$

Donde:

BACGV es el beneficio por ahorros de costos generalizados de viaje (CGV);

CGV^{sp} es el costo generalizado de viaje en la situación SP;

CGV^{cp} es el costo generalizado de viaje en la situación CP.

Asimismo, el costo de viaje se descompone de la siguiente manera:

$$CGV = Cc + Ct$$

Donde:

CGV^{sp} es el costo generalizado de viaje;

Cc es el costo del combustible por motivo de viaje;

Ct es el costo de tiempo de viaje.

Los costos de combustible y tiempo pueden descomponerse de la siguiente manera:

Cc se estima mediante la siguiente ecuación:

$$Cc = \left[\frac{L}{\eta} * P * F * \sum_{i=0}^n \Pi_i * T_i \right] * E$$

Donde,

Cc es el costo de combustible;

L es la distancia promedio recorrida por los vehículos en el área de inundación (Km.);

η es el rendimiento del vehículo (Km./litro);

P es el precio del combustible (\$/litro);

F es el flujo vehicular entrante al área de inundación (vehículos equivalentes / hora);

Πi es la probabilidad cruzada de ocurrencia de la tormenta i, fPP,D(PPi,Di);

Ti es la duración de la inundación producida por la tormenta i (horas);

E es el número de eventos de lluvia al año que producen inundaciones;

Tabla N°4.C

Rendimiento de Vehículos en Función de Altura de Inundación

Altura del agua (metros)	Variación de η (%)	η (Km./litro)
0 -0,05	100	7,0
0,05 -0,15	80	5,6
0,15 -0,20	60	4,2
0,20 -0,25	40	2,8
0,25 -0,30	20	1,4
Más de 0,30	No se puede circular	No se puede circular

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología de Formulación y evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias – MIDEPLAN (2010).

La probabilidad cruzada de ocurrencia de la tormenta i es la probabilidad de que se produzca una tormenta de intensidad PPi y de duración Di, la cual se obtiene al multiplicar la probabilidad asociada a la intensidad (período de retorno) por la asociada a la duración. El rendimiento de los vehículos será función de la altura de inundación, según muestra la Tabla 4.C. Cuando el agua sobrepasa los 30 centímetros y no se puede circular, para fines de evaluación se sugiere utilizar el mismo costo que se obtiene para una altura entre 25 y 30 centímetros. La estimación de costos se efectuará para las situaciones CP y SP en las calles que la simulación computacional de tormentas indique que se inundan.

El costo de tiempo de viaje (**Ct**), se calcula con la siguiente fórmula:

$$Ct = \left[t * N_1 * V_t * \sum_{i=0}^n \Pi_i * T_i \right] * E$$

Donde:

Ct es el costo de tiempo de viaje;

t es tiempo de viaje;

N₁ es el flujo vehicular por tasa de ocupación;

V_t es el valor del tiempo de viaje de los pasajeros para transporte urbano que entrega anualmente MIDEPLAN;

Π_i es la probabilidad cruzada de ocurrencia de la tormenta i;

T_i es la duración de la inundación producida por la tormenta i (horas);

E es el número de eventos de lluvia al año que producen inundaciones;

A su vez la velocidad de circulación durante la inundación (Km./hr) y que se estima como:

$$V_t = C_v * V_n$$

Donde:

V_t es el valor del tiempo de viaje de los pasajeros;

C_v es el coeficiente de reducción de la velocidad en función de la altura de inundación;

V_n es la velocidad de circulación en condiciones normales (Km./hora);

La Tabla N°4.D presenta los valores de **C_v** en función de la altura de inundación.

Tabla N°4.D

Valores C_v en Función de Altura de Inundación

Altura del agua (metros)	C _v
0 -0,05	0,40
0,05 -0,15	0,30
0,15 -0,20	0,20
0,20 -0,25	0,15
0,25 -0,30	0,10
Más de 0,30	No se puede circular

4.6.2.3. Beneficios por Menor Ausentismo Laboral

Los beneficios por **menor ausentismo laboral** corresponden a las pérdidas de netas productividad del país porque las personas no pueden llegar a su lugar de trabajo o lo hacen con mayores demoras. Dado que el tiempo que las personas no destinan a trabajo lo hacen a ocio, la pérdida neta de productividad debe medirse como la diferencia entre el valor de tiempo de trabajo y de ocio, multiplicado por la probabilidad de ocurrencia de los eventos de inundación:

$$BMAL = \sum_{i=0}^n (VST_i^T - VST_i^O) * \Pi_i$$

Donde:

BMAL es el beneficio por menor ausentismo laboral;

VST_i^T es el valor social del tiempo trabajado;

VST_i^O es el valor social del tiempo de ocio;

Π_i es la probabilidad cruzada de ocurrencia de la tormenta i;

La valoración de los beneficios constituye una simplificación que puede subestimar considerablemente los beneficios del proyecto. No obstante, se propone por su facilidad de estimación. Asimismo, a los fines de la estimación y suponiendo que las mayores pérdidas por ausentismo laboral por inundación se producen en el área urbana, se propone utilizar el valor social del tiempo urbano publicada por MIDEPLAN.

4.6.2.4. Beneficio por menores molestias a las personas

El uso de la metodología de precios hedónicos para estimar los **beneficios por menores molestias a las personas** a través del precio de las propiedades residenciales permite captar parte de los beneficios obtenidos por los propietarios de las viviendas que en la situación CP sufren menores molestias. No obstante, si la metodología de precios hedónicos no permite captar tales beneficios, se recomienda utilizar la metodología de valoración contingente.

4.6.2.5. Beneficios No Cuantificados

Los proyectos de defensa fluvial y control de crecidas tienen otros beneficios que, a los fines de simplificación, no se cuantificarán. No obstante, el formulador podría cuantificarlos y valorarlos, si así lo estima pertinente y conveniente. Entre otras metodologías, puede utilizarse el enfoque de valoración contingente, principalmente y el daño evitado.

En el caso de los **beneficios por menores gastos de emergencia y limpieza de vías y sumideros** sólo es relevante estimar los gastos adicionales (en el margen) que se

ahorran debido al proyecto, ya que existe una estructura fija de emergencia en Municipalidades, Agencia Nacional de Emergencia, Servicio de Vivienda y Urbanismo, Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas u otro organismo relacionado con el tema. y demás organismos relacionados con las emergencias, que no se afecta por la intensidad de las inundaciones.

Sobre la base de las calles que se inundan de acuerdo con las simulaciones computacionales de las tormentas, para las situaciones SP y CP se debe estimar el número de cuadrillas adicionales a las normales (personal contratado especialmente o redestinado de otras funciones) que intervendrán en las faenas de limpieza de calles después de cada tormenta en estudio; el costo por cuadrilla se obtiene de las fuentes indicadas anteriormente.

El **beneficio por menores enfermedades de las personas** corresponde a los ahorros en el sistema nacional de salud; si se espera estimar tales beneficios, debe realizarse un cuidadoso tratamiento de la información a fin de ajustar los precios obtenidos a los verdaderos precios sociales.

4.6.3. Costos de los proyectos de defensa fluvial y control de crecidas

A los costos asociados al proyecto de embalse y obras hidráulicas anexas deben asociarse los costos de inversión y mantenimiento de las obras de defensa fluvial y control de crecidas, asociados a los períodos de retorno de diseño estudiados: i) **movimiento de tierra**: excavaciones, construcción de fosos revestidos, relleno, retiro y transporte de excedentes, entre otros; ii) **obras de hormigón**: revestimiento de fosos, bajadas de agua, sumideros, descargas y cámaras de inspección, entre otros; iii) **suministro y colocación de tuberías**. Los costos de mantenimiento podrían estimarse como un porcentaje de la inversión, dependiendo del tipo de obra. Para efectos de la evaluación social los montos de inversión deben corregirse a precios sociales.

4.7. METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS POR TURISMO Y DESARROLLO INMOBILIARIO

El aumento de la actividad turística y el desarrollo de proyectos inmobiliarios son en general, efectos derivados de un embalse, dado que es poco probable que sean los únicos objetivos perseguidos.

4.7.1. Beneficios por turismo

El turismo se define como el conjunto de atractivos, infraestructura y servicios disponibles y/o por construir que proveen servicios de recreación y entretenimiento. A los fines de incorporar los beneficios por turismo, deberían considerarse los siguientes factores:

- Disponibilidad de otros recursos naturales complementarios.
- Disponibilidad de una "cultura" o valoración social del turismo como atractivo para satisfacer de necesidades de recreación.
- Potencialidad de desarrollo de servicios turísticos (hoteles, hospedajes rurales, restaurantes, centros recreativos).

- Disponibilidad de infraestructura de accesibilidad a la zona: viabilidad, conectividad.
- Disponibilidad de infraestructura de servicios básicos: telecomunicaciones, electrificación y energía, agua potable, alcantarillado, evacuación de aguas lluvias, otras.
- Disponibilidad de infraestructura de servicios complementarios: salud, seguridad, otros.

El diagnóstico del proyecto turístico debe considerar los siguientes aspectos:

- **Recursos turísticos naturales y culturales:** identificar en la zona de influencia aspectos con características que favorecen el turismo y recreación.
- **Infraestructura y servicios turísticos:** analizar la oferta actual y potencial de servicios que aseguren la viabilidad del proyecto, tales como: disponibilidad de los servicios de transporte (carreteras u otros métodos o medios de acceso), servicios básicos (agua potable, electricidad, etc.), servicios de alojamiento (hoteles, apartamentos turísticos, etc.), servicios gastronómicos (restaurantes, etc.), servicios de entretenimiento y ocio (casinos, cines, instalaciones deportivas, etc.) y, otros servicios asociados a la actividad (servicio de guía, alquiler de coches, entre ellos).

El resultado del diagnóstico es la detección de los problemas y/o dificultades para el desarrollo del turismo en la zona.

La definición de la situación SP debe considerar todas las medias de optimización en la situación actual, a través de la implementación de diferentes medidas de gestión o proyectos de menor cobertura que permitan obtener parcial o totalmente los beneficios potenciales del proyecto. Si el turismo se desarrolla debido a la ejecución del proyecto, es necesario evaluar si existe la posibilidad de que este lugar se pueda ubicar en el circuito turístico ya establecido o bien desarrollar las inversiones necesarias para hacer accesibles los proyectos turísticos potenciales.

La demanda turística involucra a todos los servicios que realmente son necesarios para el turista. Su identificación debe tener en cuenta aspectos como:

***) Catastro de visitas históricas de turistas:** número de visitantes, medios de transporte, razón de la visita, frecuencia, duración de la estadía en el lugar, tipo de alojamiento utilizado, forma de pago, tarifas, etc.

***) Catastro de visitas potenciales de turistas:** número de visitantes, medios de transporte, intereses de la visita, frecuencia y duración de la estadía esperada, tipo de alojamiento preferido, forma de pago, tarifas de disposición a pagar, otros.

***)** Número de turistas de visita en la zona. Un supuesto conservador es considerar que el actual número de turistas sigue creciendo al mismo ritmo que lo venía haciendo en los últimos períodos.

***)** El turismo potencial generado por el proyecto.

***)** Estacionalidad turística.

*) Razones para viajar y atractivos adicionales para visitar la zona.

*) Evolución de la demanda futura. Para determinar el crecimiento del turismo se puede apelar a la historia de proyectos similares (comparables).

*) Clasificación de los turistas por origen: **internacionales o extranjeros y nacionales**.

Privadamente, el embalse puede apropiarse de parte de los excedentes del productor turístico cobrando un canon o arriendo por el uso y operación de la superficie del embalse (es decir, en principio no debería implicar el uso consuntivo del agua). De tal forma, el valor económico generado por el turismo está dado por:

$$VET = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta P_i * K_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{\Delta IOMK_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

VET es el valor económico generado por el turismo;

□ **$\Delta P_i * K_i$** es el beneficio por recaudación de canon turístico;

□ **$\Delta IOMK_i$** es el costo por insumos, operación y mantenimiento de la estructura para mantener constante la recaudación del canon turístico;

Alternativamente, los beneficios turísticos pueden medirse a través de los **ahorros de costos de viaje**. El método del costo de viaje implica dos etapas: i) estimar la demanda individual del visitante por el recurso y ii) derivar estadísticamente la curva de demanda agregada relevante (en una aproximación más básica, círculos concéntricos de diferente radio son dibujados alrededor del sitio en particular). Una muestra de visitantes debe ser contactada y encuestada sobre todo sobre el número de visitas, distancia de viaje y sus gastos actuales de visita. El procedimiento de recolección de datos debe ser diseñado para responder preguntas relacionadas con distancias de viajes, gastos dependiendo de la distancia de viajes, etc. El excedente del consumidor puede ser calculado como el área bajo la curva de demanda y sobre la curva de costos de viaje de los residentes de una zona específica⁵⁵.

La principal atracción del método del costo de viaje es que como una aproximación a las preferencias reveladas, refleja el comportamiento de selección del consumidor. Uno de los principales problemas con este método es que no es posible separar características específicas de un recurso del otro, ya que los visitantes no concurren a un determinado sitio exclusivamente por los atributos turísticos del proyecto hidráulico.

⁵⁵ Young (1996) plantea la siguiente interrogante: ¿Que se debe tomar en cuenta para estimar el costo de viaje?, ya que el costo puede estar influenciado por el precio del automóvil, el gasto en alimentación durante el viaje, etc. También se debe tomar en cuenta el costo de oportunidad del tiempo de viaje. Muchas veces este costo es asociado al salario, pero algunos autores señalan que debe ser menor ya que el trabajo es un desbien. Un problema adicional es el caso de los sitios de viaje sustitutos, ya que si son relevantes y no se incluyen, los resultados del análisis tendrán un error considerable.

4.7.2. Beneficios por desarrollo inmobiliario

Como consecuencia de la existencia de un embalse puede desarrollarse un mercado de bienes raíces en los alrededores, aprovechando los valores recreativos del espejo de agua. Como en el caso de los beneficios por riego estimados a partir del método de precios hedónicos, el mercado de la tierra permite aproximar los beneficios del embalse por desarrollo del mercado inmobiliarios. En este caso, los beneficios netos estarán dados por el aumento neto de la plusvalía del suelo; es decir, menos los costos de urbanización y equipamiento necesarios para poner en valor los paños de suelo.

De esta manera, el valor económico del embalse por desarrollo inmobiliario será:

$$VEDI = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta PS * Ha_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{URB_i}{(1+r)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{EURB_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

VEDI es el valor económico por desarrollo inmobiliario;

$\Delta PS * Ha_i$ es el beneficio por aumento de la plusvalía de las hectáreas;

URB_i son los costos de urbanización para poner en valor el suelo;

EURB_i son los costos de equipamiento por urbanización para poner en valor el suelo.

Dado que en general los desarrollos inmobiliarios se realizan por etapas (y no en un único período de tiempo – año), debe suponerse que los aumentos del precio del suelo, como las inversiones en infraestructura y equipamiento, se dan en diferentes años, razón por la cual los flujos deben ser descontados a la tasa de descuento pertinente.

4.8. MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA LA ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS DE PROYECTOS DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS: DESALACIÓN Y TRASVASIJES DE RECURSOS

En los capítulos anteriores se han presentado un conjunto de desarrollos metodológicos que permiten la medición de los beneficios asociados a diferentes actividades económicas que aprovecharían los recursos hídricos adicionales generados por el embalse y obras complementarias: riego, hidrogenación eléctrica, agua potable, minería, turismo y defensas fluviales. No obstante, los beneficios de una obra hidráulica también pueden medirse como el costo *en que debería incurrirse, pública o privadamente, para obtener el agua mediante la alternativa disponible de menor costo*; es decir, se estima el **valor de oportunidad del agua**.

La elección del método a utilizar para valorar el agua estará determinada por varios factores, entre ellos, las características del uso del agua a valorar y especialmente, disponibilidad de información. Los métodos presentados en capítulos anteriores para la estimación del *valor del agua embalsada* requieren datos que eventualmente pueden ser de escasa disponibilidad o requerir de sofisticada modelación económica. Por ello, se recomienda realizar la valoración aplicando el mayor número de métodos posible, ya que de esta forma los resultados se pueden contrastar, ofreciendo al tomador de decisiones un set más completo de antecedentes relacionados con la evaluación socio-económica del proyecto.

Los métodos del costo alternativo son utilizados frecuentemente para la valoración del agua cuando por falta de datos apropiados u otros motivos, no es posible obtener una función de demanda del agua de manera directa por otros de los métodos presentados en los capítulos anteriores. Su supuesto básico (válido solamente en limitadas circunstancias) es que dado un proyecto con un costo de producción más bajo que el siguiente mejor proyecto público o privado del mismo nivel de producción, entonces el costo del siguiente mejor proyecto puede ser asignado como el beneficio del proyecto bajo consideración.

Por ejemplo, los beneficios de un proyecto de embalse y obras hidráulicas anexas puede estimarse como el menor costo de la alternativa que satisface el déficit de cuenca, entre, por ejemplo, una planta desaladora o un proyecto de trasvasije de aguas. Al considerar estas alternativas, implícitamente se está estimando el **precio sombra al agua**, a partir del proyecto que satisface parcial o totalmente el déficit de la cuenca (alternativa al embalse).

Desarrollar el concepto del costo alternativo no es dificultoso en teoría, pero el análisis de los detalles empíricos requiere tiempo y esfuerzo. El valor presente de los costos de cada alternativa se calcula en la base de períodos de tiempo medibles, nivel de precios, tasa de descuento y otras similares.

4.8.1. Desalación de agua de mar

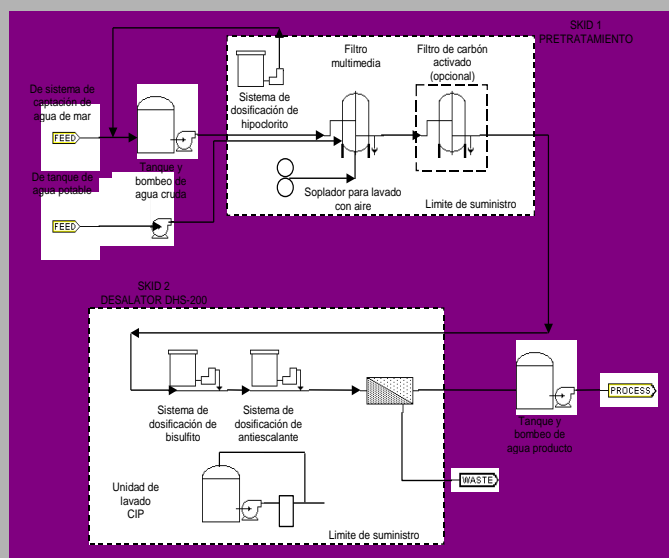
La desalinización o desalación es el proceso por el cual el agua de mar, que contiene 35.000 partes por millón (ppm), y las aguas salobres, que contienen de 5.000 a 10.000 ppm, se convierten en agua apta para el consumo productivo, humano e industrial^{56,57}.

Chile dispone de una planta de desalación ubicada en la Región de Antofagasta y que utiliza tecnología de ósmosis inversa para la obtención de "agua dulce" a través de un procedimiento que utiliza energía eléctrica.

Mediante la incorporación del agua salobre procedente del mar y de otros factores productivos, el proceso de desalación por ósmosis inversa da lugar a la obtención de un producto principal (agua desalada), un subproducto (electricidad) y un desperdicio (salmuera). La Figura N°4.D presenta un proceso de desalinización de agua de mar.

Figura N°4.D

Proceso de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa



Si bien desde un punto de vista tecnológico existen múltiples procedimientos que permiten desalar el agua del mar, industrialmente sólo se han generalizado los siguientes, además de la mencionada ósmosis inversa:

*) Electrodialísis: utiliza energía eléctrica para forzar las sales disueltas por membranas. Alto consumo de energía eléctrica.

*) Destilación multi-etapas: cámaras de baja presión para ayudar a la vaporización. Aplicable a proyectos de mediana y gran escala.

⁵⁶ La salinidad puede variar en los diferentes océanos, pero las proporciones relativas de los principales constituyentes (NaCl, MgCl₂, MgSO₄, CaSO₄, K₂SO₄, NaCO₂, LiBr) son prácticamente las mismas en todos ellos.

⁵⁷ Existen diferencias entre el agua dulce y el agua potable. Los estándares para el agua dulce pueden variar en cada país; sin embargo, el estándar que asumimos en Cuba es el empleado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), el cual identifica como agua dulce una solución acuosa que contiene menos de 500 ppm del total de sólidos disueltos (TSD). La definición de agua potable sería básicamente la misma, pero agregándole las siguientes condiciones: inodora, incolora, insípida y finalmente libre de bacterias contaminantes.

*) Evaporación de múltiples etapas: similar al anterior; a mayor cantidad de etapas, mayor eficiencia.

*) Solar stills destillation: utiliza energía solar para calentar el agua. Captura el vapor de agua condensado.

Asimismo, a nivel mundial se dispone de las tecnologías de destilación súbita, intercambio iónico y desalinización nuclear (en general para la producción integrada de agua potable y energía eléctrica a partir de agua de mar en una instalación en la que un reactor nuclear se utiliza como fuente de energía – eléctrica y/o térmica – para el proceso de desalinización). No obstante, en Chile no se aplican principalmente por los altos costos de inversión y operación asociados a cada una de ellas.

4.8.1.1. Proceso de desalinización

El proceso de desalación implica el siguiente flujo de actividades:

- Captación de agua: se realiza mediante pozos o tuberías instaladas en el lecho marino.
- Preparación del agua: corrección del pH para las necesidades del tratamiento.
- Filtración: el agua se hace pasar por una tubería de filtros que retienen la mayor parte de las partículas en suspensión. Con ello, se garantiza que no lleguen partículas a las membranas.
- Bombeo: el agua es impulsada a los bastidores de membranas mediante bombas de alta presión para invertir el proceso de osmosis natural, la que se produce a través de una membrana de polímeros. Así, el agua pasa a un lado de ella y la salmuera (agua de mar altamente concentrada en sales de) sale por otro.
- Conducción de la salmuera: ésta sale de los bastidores y se reutiliza su energía en las turbinas de recuperación. Luego, se envía al depósito de rechazo y más tarde será devuelta al mar mediante sistemas de difusión que la diluyen en el mar.

4.8.1.2. Estimación de costos de desalación

El coste de explotación del agua desalada debe incorporar todos los costes, entendidos como los factores incorporados al proceso de producción. Los costos medioambientales corresponden a las actividades de prevención, reparación y minimización de daños al medio natural y asignables al proyecto de desalación. Deben incluirse también el valor de las multas, sanciones e indemnizaciones derivadas de la actividad y las provisiones de desembolsos por causas medioambientales asignables al centro (actividades propias de la desalación en un ejercicio determinado, pero cuyo desembolso tendrá lugar en un momento futuro no determinado) y las provisiones contingentes asignables a la planta. Así también, deberán incorporarse las externalidades, tales como emisiones de gases, fugas de combustibles, ruidos, olores, vertidos de salmuera al medio receptor, entre otros, que surgen de la realización de las actividades propias de la desalación.

Determinado el coste de desalación, corresponde asignarlos a los distintos productos obtenidos: agua desalada, agua destilada y electricidad. Dado que se trata de un proceso conjunto, para la asignación de costos por producto debe aplicarse el método de sustracción.

El costo de desalación se puede plantear de la siguiente manera:

$$KDES = ADTV \cdot kdt + EL \cdot kel + ADES \cdot Kdes$$

$$KDES = KDES\ m + KDES\ nm$$

Donde:

KDES es el costo total de desalación;

KDES_m es el costo medioambiental de desalación.

KDES_{nm} es el costo no medioambiental de desalación;

ADTV son los metros cúbicos de agua destilada vendida;

kdt es el costo unitario del agua destilada vendida;

EL son los kilovatios/hora de electricidad obtenida;

kel es el costo unitario del kilovatio/hora de electricidad obtenida;

ADES son los metros cúbicos de agua desalada obtenida;

Kdes es el costo unitario del metro cúbico de agua desalada obtenida;

Dado que la electricidad es un subproducto que se vende a la compañía eléctrica, que tiene a su cargo el suministro de este servicio, no se origina en la desaladora un costo adicional para su suministro. Así, si se anula su rentabilidad, se obtiene el costo unitario del kilovatio/hora obtenida de electricidad:

$$EL\ pvel - KEL = 0$$

Donde:

KEL es EL kel

kel es pvel

Las magnitudes no denotadas hasta el momento indican:

Pvel el recio de venta unitario de la electricidad

KEL el costo total de explotación de la electricidad obtenida y vendida en su totalidad

Asimismo, y de forma análoga, anulando la rentabilidad del agua destilada vendida, subproducto que es vendido principalmente a empresas farmacéuticas, se obtiene:

$$ADTV\ pvd\!t - KDTV - OC\!D\!T\!v = 0$$

Donde:

Pvd_t es el precio de venta unitario del agua destilada vendida;

KDTV es el costo total de explotación del agua destilada vendida;

OC_DT_v son otros costos generados en la empresa para el agua destilada vendida con posterioridad a la obtención de ésta en la fase de desalación.

Bajo la hipótesis que:

$$OCDTV = 0$$

y dado que:

$$KDTV = ADTV \cdot k \cdot dt$$

Se obtiene:

$$kdt = pvd\dot{t}$$

Sustituyendo:

$$KDES = ADTV \cdot pvd\dot{t} + EL \cdot pvel + ADES \cdot kdes$$

Por lo cual el costo del producto principal (agua desalada: Kds) estará dado por:

$$Kds = ADES \cdot kdes = KDES - ADTV \cdot pvd\dot{t} - EL \cdot pvel$$

Si bien no es habitual que se generen costos con posterioridad a la obtención de la electricidad, se entiende que, de no ser así, el precio de venta debe cubrir la totalidad de costos asociados al subproducto, tanto para su obtención como para su comercialización.

Según estudios realizados para determinar el costo del agua desalada en España, la desalación es una alternativa viable y competitiva en determinadas condiciones. Al respecto, se ha estimado el costo del agua desalada en 0,40-0,60 €/m³ (\$265-\$400/m³)⁵⁸. La experiencia chilena en tanto, muestra un costo estimado de US\$ 1,5 /m³ (\$715/m³), según datos asociados a la producción de la Planta Coloso en el norte del país.

4.8.1.3. Evaluación socio-económica de proyectos de desalación

La incorporación de una planta de desalinización de agua deberá ser incorporada como alternativa de solución al déficit de agua potable para abastecer a las poblaciones pertenecientes a la cuenca en estudio. La alternativa de abastecer el déficit de agua mediante la planta desaladora se evaluará considerando los siguientes criterios:

- El proyecto debe evaluarse en términos de las ventajas que presenta la desalinización respecto de otras alternativas, tales como la construcción de embalses o proyectos de trasvasije de aguas.
- La entrada en operaciones de la planta se define como el año en que se produce déficit de agua en los meses secos de la cuenca.
- El tamaño de la planta quedará determinado por el caudal deficitario, medido en l/s. Tanto las inversiones como el costo operacional de la planta son una referencia para el proyecto de instalar una planta desaladora.

En general, por los actualmente altos costos de desalación, es una alternativa para la producción de agua potable o agua para la minería. Por otra parte, su impacto en el medio ambiente estará condicionado a la introducción de las fuentes renovables de energía en el proceso de desalinización, por lo que deben incorporar las correspondientes medidas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos generados por el proyecto.

Si bien las plantas desaladoras son una alternativa sumamente válida para aumentar los recursos hídricos en una cuenca, actualmente son opciones de alto

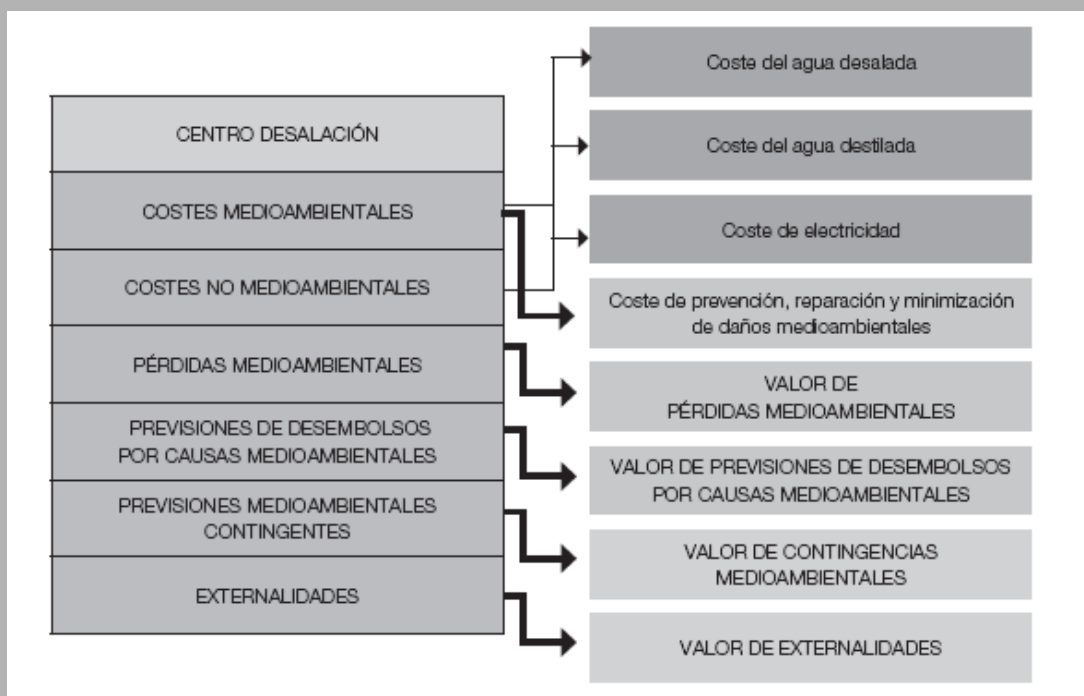
⁵⁸ Universidad de Alicante, 2005.

costo, por lo cual sólo son rentables para su uso en la producción de agua potable o en la minería.

La Figura N°4.E presenta el esquema de análisis de costos sociales asociados al proyecto de instalación de una planta desalinizadora de agua

Figura N°4.E

Esquema de análisis de costos sociales en proyectos de desalación



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

4.8.2. Trasvasije de recursos hídricos entre cuencas

Una alternativa para la estimación del beneficio de un proyecto hidráulico es la determinación de los ahorros de costos por evitar la construcción de un proyecto de trasvasije de aguas entre una cuenca superavitaria y una deficitaria. El costo de trasvasije de aguas de una cuenca a otra es función de la distancia del transporte efectuado, ya que se requiere bastante energía para el bombeo.

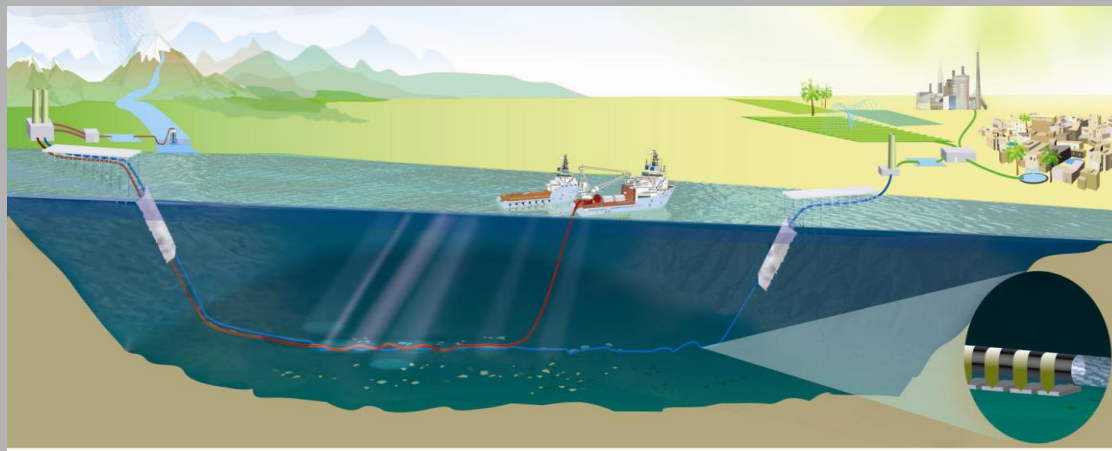
Los trasvasijos tienen efectos tanto medio-ambientales como sociales y económicos. Entre los primeros: i) requerimiento de la construcción de grandes obras hidráulicas para embalsar y/o transportar los recursos, tanto en la cuenca donante como en la cuenca receptora; ii) importantes impactos ambientales derivados de las obras de conducción que cruzan el territorio; iii) implicaciones ecológicas derivadas de la mezcla de aguas entre la cuenca donante y la receptora; iv) necesidad de evaluar integralmente el proyecto desde el punto de vista medio-ambiental y v) obligatoriedad de garantizar un caudal ecológico en la cuenca donante. Entre los efectos sociales y económicos se destacan: i) generación de situaciones de desequilibrio del desarrollo regional por el

crecimiento de algunas áreas en detrimento de otras; ii) altos costos para satisfacer el déficit de la cuenca receptora; iii) el simple anuncio de la posible realización de un trasvase traería como consecuencia un aumento de la demanda y de los costos de expropiaciones; iv) disponer de la correspondiente recomendación, a partir de un riguroso estudio de viabilidad técnica y económica; v) al trasladarse recursos hídricos de una cuenca a otra, puede limitarse el desarrollo futuro de la cuenca donante, si es que tales recursos pueden potencialmente requerirse en la cuenca proveedora.

En Europa, las soluciones menos costosas utilizan captación de agua en la desembocadura de la cuenca donante y realizan su transporte a través del mar mediante un método de bombeo apropiado y en general para su uso como agua potable. La experiencia muestra que el trasvase de aguas entre una cuenca y otra, es competitiva con las plantas de desalación en distancias inferiores a 200 kms. La Figura N°4.F presenta un ejemplo de las soluciones de trasvase entre cuencas (submariver).

Figura N°4.F

Esquema de trasvase – ejemplo de Submariver



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

4.8.3. Consideraciones finales

En relación a iniciativas alternativas, tales como los proyectos de trasvasijes intercuenas (que se analizan a continuación), las desaladoras presentan ventajas como: i) Menores costos de terreno y movimiento de tierra; ii) menores costos potenciales por menor construcción de infraestructura; iii) potencial reducción de costos por la factibilidad de incorporar la utilización de energías renovables; iv) esperada reducción de costos por el desarrollo de nuevas tecnologías más eficientes que las actuales (energía nuclear por ejemplo). No obstante, también presentan desventajas tales como: i) importante impacto ambiental por la producción de salmueras como residuo del proceso (el vertido de salmueras al mar puede afectar a la biodiversidad marina a nivel local); ii) limitada vida útil de las instalaciones desaladoras; iii) requerimiento de instalación en lugares no urbanizados, lo que incrementa los costos de transporte del agua; iv) impacto de la calidad del agua sobre sectores sensibles a los minerales contenidos en el agua desalada (consumo humano, animal y agrícola).

Los proyectos de trasvasije tienen relativas ventajas en términos de vida útil de las obras (en general, mayores a 50 años), son de funcionamiento y operación relativamente sencilla, no requieren el desarrollo de nueva tecnología ya que pueden alcanzarse soluciones eficientes con la actualmente disponible, la calidad del agua es aceptable y puede derivarse de los usos actuales en la cuenca donante sin requerir nuevos estudios de calidad y tienen un impacto eventualmente menor en términos medio-ambientales. No obstante, son dependientes de la hidrología de la cuenca donante, lo cual incorpora relativa incertidumbre a los flujos hidráulicos disponibles en la situación CP y requieren una diferencia altimétrica relativamente considerable (en promedio 500 metros) entre ambas cuencas, entre otras características.

Aún a pesar de las soluciones alternativas para la estimación del valor de los recursos hídricos presentados en este capítulo, la recomendación principal tiene relación con el perfeccionamiento de los mercados del agua, especialmente en las situaciones en que exista un déficit proyectado en una cuenca.

5. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRECIOS Y SUBSIDIOS FOCALIZADOS EN PROYECTOS DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS

5.1. Propuesta Metodológica Para El Establecimiento De Un Sistema De Precios En Proyectos De Embalses Y Obras Hidráulicas Anexas Nuevas

La importancia que ha adquirido en los últimos años el problema de escasez mundial de agua dulce ha estimulado el análisis del aprovechamiento de los recursos hídricos en los usos más eficientes. La teoría económica indica que las tasas de uso de agua, en cualquier sector productivo, deben tener en cuenta el costo social de la entrega de los recursos; no obstante, la evidencia empírica muestra con alta frecuencia la existencia de sistemas de transferencias de las obras que no cubren todos los costos de provisión del recurso y construcción de las obras⁵⁹.

5.1.1. Propuesta de sistema de precios para financiamiento público

En general, el establecimiento de un sistema de precios tiene diferentes objetivos: i) explorar diferentes opciones de participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura pública; ii) establecer incentivos alineados hacia decisiones óptimas de consumo e inversión; iii) adoptar un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos; iv) elaborar principios para el financiamiento de las obras y determinar las reformas normativas, legales, estructurales e institucionales requeridas; establecer claros objetivos financieros para los proveedores de servicios; v) definir mecanismos para garantizar la sustentabilidad de las grandes obras, incluyendo los gastos de mantenimiento de largo plazo de los sistemas a fin de asegurar el autofinanciamiento de éstos; vi) elegir un sistema regulador independiente para los operadores públicos y privados y establecer mecanismos de responsabilidad frente a los clientes; vii) estimar sistemas de transferencias (subsidios e impuestos) no distorsionantes y por causas meritorias y viii) determinar el campo de aplicación de subsidios cruzados y estimar su nivel, entre otros.

Para definir el sistema de precios óptimo es necesario establecer previamente el marco legal, social, económico, político y ambiental que restringen el uso del agua, definiendo además si la fijación de precios considerará diferencias por tipo de usuario.

Un **sistema de precios** debe proporcionar incentivos para el uso eficiente del recurso y debe extenderse a todos los tipos de usuarios que producen a partir de un mismo recurso, estableciendo un precio equivalente al valor económico o costo social del recurso. Asimismo, el sistema debería definirse en función del estado de otorgamiento de los derechos de aprovechamiento de aguas, determinándose diferentes modelos de precios, según el modo con el cual se

⁵⁹ Minutas de reuniones Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego.

espera financiar las obras: i) financiamiento a través de mecanismos con participación del sector privado (por ejemplo concesión, venta o sistemas similares); ii) financiamiento a través de los mecanismos de financiamiento público vigentes (Decreto Fuerza de Ley 1123/81 y Decreto 285 que lo reglamenta). En ambos casos, el precio estimado corresponde al pago por servicio de embalse, conducción y entrega del agua.

Por tratarse de una "industria de costos medios decrecientes de largo plazo", el sistema de precios debe diseñarse de forma de:

- Permitir el financiamiento de todos los costos: operación, mantenimiento, inversión y reposición;
- Permitir el financiamiento de un margen de explotación del negocio consistente con el costo alternativo del capital;
- Incentivar ganancias de eficiencias en la empresa, a través de un proceso de re-tarificación periódico (si correspondiere).

Por otra parte, el sistema de precios debe considerar todos los usos potenciales e incorporar los conceptos por prestación de servicios o realización de actividades administrativas varias. Asimismo, debe incluir los efectos indirectos, secundarios y externalidades.

Si se establece que la asignación del recurso debe realizarse a través del mercado, se requiere la existencia de una adecuada institucionalidad (normativa y legal), que asegure el respeto de los derechos de propiedad y aprovechamiento y que permita el uso eficiente, la conservación del recurso y la inversión de capital. Asimismo, el sistema deberá facilitar la transferencia de los derechos de agua. Si los derechos de agua son transferibles, los valores marginales del agua, descontados los costos de transacción y transporte, se igualan entre los usuarios porque el mercado ofrece un medio para que los derechos de aprovechamiento de aguas se asignen a los usos de mayor valor. En ausencia de distorsiones, la transferibilidad de los derechos en el mercado permite que surjan nuevos usos y usuarios. Asimismo, ofrece un incentivo continuo para la adopción, investigación y desarrollo de tecnologías más avanzadas para la utilización, conservación y producción del agua. Por lo tanto, un sistema de asignación del agua basado en el mercado estará abierto a aprovechar las oportunidades (Anderson, 1997). Por último, el mercado debe ser relativamente transparente, sin asimetrías de información ni poder de mercado; es decir, debe ser relativamente competitivo en el sentido más amplio del concepto.

Cuando el financiamiento de los embalses y obras hidráulicas anexas se realiza a través de fondos públicos, aplica el Decreto con Fuerza de Ley 1123 del año 1981 (DFL 1123/81) y su reglamento respectivo (Decreto 285/94), que norma la ejecución de obras por parte del Estado y el reembolso de los costos por parte de los usuarios⁶⁰. Una vez transferida la infraestructura a los usuarios, queda en manos de estos la administración del sistema.

⁶⁰ Si bien la ley no estipula el porcentaje de reembolso a aplicar, es usual que el Estado subsidie aproximadamente un 80% del costo total de la obra.

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 7 ° del Decreto con Fuerza de Ley 1123/81, "el Ministerio de Obras Públicas (MOP) podrá incluir el proyecto en sus programas de construcción de infraestructura pública proyectos de riego cuando hubiere interesados que representen a lo menos el 50% de las nuevas disponibilidades de agua, que acepten la ejecución de las obras y se comprometan a reembolsar su costo en la forma y condiciones que se establezcan en el reglamento el Estado se reservará los derechos que no hayan sido comprometidos con el fin de licitarlos una vez terminadas las obras". A los fines de la estimación del reembolso, deberán incluirse los diseños y estudios de prefactibilidad y otros realizados en forma previa al proyecto.

El Decreto 285/94, que reglamenta la aplicación del DFL 1123/81, establece el mecanismo de reembolso. El Artículo N°14 señala lo siguiente: "El reembolso previsto en el artículo 7° de la ley se hará en las condiciones, forma y plazos que determine la Comisión de Riego y sin perjuicio que el Presidente de la República subsidie total o parcialmente (las obras) en caso fundado, conforme lo dispuesto en el artículo 7° del DFL N°7/83, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción... El servicio de la deuda no podrá exceder de veinticinco años y contemplará un porcentaje de descuento por pago anticipado. Tendrá igualmente un interés y podrá tener un período de gracia de acuerdo a las características de la obra, todo lo cual también será determinado por la Comisión... En el caso que se determine un período de gracia, éste se contará desde la fecha de entrega de las obras y podrá ser ampliado o reotorgado mediante resolución fundada del MOP si existen razones suficientes previamente calificadas que así lo justifiquen".

El Artículo N°15 señala lo siguiente: " El compromiso de reembolso indicado en el artículo 7° de la ley adoptará la forma de una escritura pública o privada otorgada ante notario, según determine la Comisión. Este compromiso deberá expresar especialmente:

- 1.- El nombre del proyecto, la naturaleza de las obras y el lugar geográfico en que se encuentran ubicadas.
- 2.- Que la Dirección de Riego ha sometido dicho proyecto a consideración de los interesados, y la conformidad de éstos con su ejecución y con la construcción de las obras.
- 3.- Que los interesados se obligan a reembolsar los costos de construcción y los que se deriven de su explotación provisional, en las condiciones, forma y plazo que señala el proyecto al momento de suscribirse el compromiso, sin perjuicio de las eventuales modificaciones que puedan hacerse en este tipo de obras, y que los estudios técnicos aconsejen para su mejor y cabal ejecución.
- 4.- El número de acciones o partes alícuotas de la obra que se compromete cada uno de los beneficiados a reembolsar y los derechos de aprovechamiento que suscriban si corresponden".

5.1.1.1. Precio de Reembolso del Costo de la Obra sin Explotación Provisional

El precio óptimo a cobrar por la obra es aquel que cubre todos los costos. Considerando lo establecido en la ley y en el decreto que la reglamenta, se propone que el precio unitario se estime de la siguiente forma:

$$p = \frac{VCC}{N^{\circ} Acciones}$$

Donde:

p es el precio unitario de reembolso o transferencia de la obra;

VCC es el valor capitalizado de los costos totales de obra;

N° Acciones es el total de acciones o partes alícuotas en las que se divide la obra;

Asimismo, el valor capitalizado de los costos de la obra se define como:

$$VCC = \sum_{i=k}^n I_i * (1 + r)^i$$

Donde:

VCC es el valor capitalizado de los costos totales de obra (incluyendo estudios y diseño);

I_i son las inversiones realizadas en cada uno de los años de construcción del proyecto;

k es el momento de inicio de la construcción del proyecto;

n es el momento de traspaso de las obras a los usuarios;

r es la tasa social de descuento;

Cada usuario debe pagar la proporción del costo de obras que representen sus derechos de aprovechamiento de aguas en relación al total de derechos. De este modo, el pago total que debe realizar cada beneficiario está dado por:

$$Pago = m_j * p$$

Donde:

Pago es el reembolso que debe realizar cada usuario que suscribe el compromiso de financiamiento de la obra;

m_j es el número de acciones o partes alícuotas que suscribe el usuario **j**;

p es el precio unitario de reembolso o transferencia de la obra;

Dado que la legislación contempla el pago de la obra, en forma prorrateada, en un plazo no mayor a 25 años y con pago de intereses, la cuota anual de pago de la deuda puede determinarse de la siguiente forma:

$$Cuota = \frac{Pago * r * (1 + r)^i}{(1 + r)^i - 1}; \forall i \leq 25$$

Donde:

Cuota es la cuota anual a pagar por parte del usuario;

Pago es el reembolso que debe realizar cada usuario que suscribe el compromiso de financiamiento de la obra;

r es la tasa social de descuento;

i es el número de años en los cuales será servida la deuda;

En caso que se considere "f" períodos de gracia, el cálculo de la cuota anual deberá realizarse de la siguiente manera:

$$CuotaG = \frac{Pago * r * (1 + r)^{i+f}}{(1 + r)^i - 1}; \forall i \leq 25$$

Donde:

CuotaG es la cuota anual a pagar por parte del usuario, cuando existe período de gracia;

Pago es el reembolso que debe realizar cada usuario que suscribe el compromiso de financiamiento de la obra;

r es la tasa social de descuento;

i es el número de años en los cuales será servida la deuda;

f son los períodos de gracia;

5.1.1.2. Precio de Reembolso del Costo de la Obra con Explotación Provisional

El DFL 1.123 establece también que cuando exista un plazo de explotación provisional, el costo de explotación ejecutado por el Estado será de cargo de los usuarios: "Las obras de riego construidas con arreglo al presente decreto con fuerza de ley, podrán ser administradas por el Estado durante el plazo no mayor de cuatro años contado desde la terminación de ellas, que se denominará de explotación provisional y que será fijado por la Dirección de Riego. El costo de la explotación por el Estado será de cargo de los usuarios en la forma que establezca el Reglamento".

En estos casos, el pago que debe realizar cada beneficiario se calcula de la misma manera anterior, incorporando en el precio de la acción o parte alícuota los costos totales de construcción y de la explotación provisional⁶¹, de la siguiente manera:

⁶¹ Ello implica que el cobro de la obra se realiza una vez que esta es entregada, por lo cual en el precio unitario deben incluirse todos los costos provisionales de explotación durante todo el período que ésta dure.

$$pEP = \frac{VCCEP}{N^{\circ} Acciones}$$

Donde:

pEP es el precio unitario de reembolso o transferencia de la obra con explotación provisional;

VCCEP es el valor capitalizado de los costos totales de obra (incluyendo explotación provisional);

N° Acciones es el total de acciones o partes alícuotas en las que se divide la obra;

Asimismo, el valor capitalizado de los costos de la obra se define como:

$$VCCEP = \sum_{i=k}^n I_i * (1+r)^i + \sum_{i=n}^{n+4} CEP_i * (1+r)^i$$

Donde:

VCCEP es el valor capitalizado de los costos totales de obra, incluyendo explotación provisional;

I_i son las inversiones realizadas en cada uno de los años de construcción del proyecto;

CEP_i son los costos de explotación provisional en cada uno de los años de construcción del proyecto;

k es el momento de inicio de la construcción del proyecto;

n es el momento de finalización de las obras;

n+4 es el momento de traspaso de las obras a los usuarios;

r es la tasa social de descuento;

Como en el caso anterior, cada usuario debe pagar la proporción del costo de obras que representen sus derechos de aprovechamiento de aguas en relación al total de derechos. De este modo, el pago total que debe realizar cada beneficiario está dado por:

$$PagoEP = m_j * p$$

Donde:

PagoEP es el reembolso con explotación provisional que debe realizar cada usuario que suscribe el compromiso de financiamiento de la obra;

m_j es el número de acciones o partes alícuotas que suscribe el usuario j;

p es el precio unitario de reembolso o transferencia de la obra;

La estimación de la cuota con o sin período de gracia debe realizarse de la misma forma anterior, por lo cual se recomienda aplicar las fórmulas descritas en el punto anterior.

5.1.2. Consideraciones finales sobre precios óptimos

Actualmente, el Estado hace obras de riego que luego transfiere al sector privado para su mantenimiento y operación, pero subsidiando parte importante de la inversión. Asimismo, los proyectos enfrentan un conjunto de problemas adicionales: i) asignaciones entre los usos múltiples; ii) derechos de aprovechamiento transferidos que no incorporan mecanismos para costear el mantenimiento de largo plazo de los sistemas; iii) usuarios con incapacidad de pago del agua embalsada a los precios socialmente eficientes; iv) obras construidas en terrenos fiscales no regularizados e v) incorporación de otros beneficios.

Atento a lo expuesto, debe avanzarse en el mejoramiento de la formulación y evaluación de proyectos, no sólo incorporando nuevos beneficios y costos, sino también mejorando los mecanismos de asignación del agua a través de un sistema de precios eficiente.

5.2. Propuesta Metodológica Para El Establecimiento De Un Subsidio Focalizado A La Demanda De Riego En Embalses Y Obras Hidráulicas Anexas

El establecimiento de un sistema de precios en un mercado que habitualmente no tiene un sistema tarifario de autofinanciamiento de largo plazo puede llevar a situaciones en las cuales algunos consumidores de un determinado bien no dispongan de capacidad de pago suficiente para sufragar tales precios. En esos casos, se recomienda la implementación de un sistema de subsidios focalizados a la demanda, que asegure que *todos los grupos, que la sociedad desea que consuman agua embalsada, puedan hacerlo*.

El presente capítulo propone una alternativa de subsidio focalizado a la demanda en base a la capacidad de pago, medida a partir del **puntaje de vulnerabilidad** y el **ingreso familiar** informado en la Ficha de Protección Social del Sistema Chile Solidario y la **tenencia de acciones** de derechos de aprovechamiento de derechos de aguas. Alternativamente, podría utilizarse, el *ingreso según Servicio de Impuestos Internos* u otro criterio de ordenamiento que se estime pertinente.

No obstante, cualquiera sea el enfoque de medición de capacidad de pago utilizado, este modelo de subsidio puede adaptarse, ya que ha sido establecido siguiendo lineamientos generales para orientar su implementación. Asimismo, está basado en las propuestas de precios presentadas en el capítulo anterior, por lo cual no conlleva dificultades tampoco en ese sentido. Por último, puede aplicarse a cualquier situación en la cual el Estado decida el traspaso de obras públicas con cargo al financiamiento por parte de los usuarios (por ejemplo cuando se transfieren obras en uso a los regantes, aunque en este caso, el valor de la obra debe estimarse por las metodologías correspondientes).

5.2.1. Concepto de subsidio

Los subsidios son transferencias que se realizan, a la oferta o la demanda, cuando las decisiones privadas de asignación o de consumo no son óptimas (o socialmente deseables). De esta forma, el subsidio busca aumentar el consumo o la producción de bienes a los cuales la sociedad asigna una externalidad positiva en el consumo o producción, respectivamente.

En términos teóricos, los subsidios deben cumplir ciertas características básicas para que desde el punto de vista social, sean más eficientes: i) ser transitorios, esto es, deben otorgarse exclusivamente mientras dura la condición que dio origen al subsidio; ii) ser focalizados, es decir canalizados directamente a las personas calificadas e identificadas como receptoras de subsidios, para evitar que otras personas usufructúen indebidamente del beneficio; iii) ser eficientes, lo que supone que el bienestar recibido por el receptor debe ser mayor que la pérdida de bienestar para el contribuyente; iv) ser económicamente factibles de implementar; es decir, deben estar en relación a los recursos restringidos que dispone el país.

El **subsidio a la demanda** implica que el consumidor recibe un aporte para cierto uso específico; por otra parte, el **subsidio a la oferta** está dirigido al productor del bien. En ambos casos, se logra que el bien pueda ser transado a un precio inferior al establecido inicialmente, indistintamente de quien recibe el subsidio.

5.2.2. Propuesta de subsidio focalizado a la demanda

Habitualmente, la construcción de embalses y obras hidráulicas anexas es responsabilidad del Estado, no obstante lo cual no debe descartarse que el diseño, construcción, operación y mantenimiento de nuevas obras pueda ser realizado también por parte del sector privado. Por esta razón, un esquema de cobros tal como el propuesto en el capítulo anterior, que asegure el autofinanciamiento y estimule la más eficiente asignación de los recursos puede implicar que los precios superen la capacidad de pago de algunos usuarios de menores recursos y a los cuales el Estado considera necesario asignar un consumo positivo (por ejemplo los regantes de escasos recursos). Atento a ello, se propone un esquema de subsidio, que permita el logro de este objetivo de política distributiva⁶².

5.2.2.1. Diseño conceptual del subsidio

A través del subsidio se establece que el Estado financie una parte del cobro a los usuarios, quedando éste obligado a pagar la parte no subsidiada del precio. Así, el subsidio opera como un mecanismo compensatorio directo que permite a los usuarios de escasos recursos acceder a los servicios del embalse, en circunstancias en que los precios se han diseñado de manera que reflejen todos los costos sociales de proveer el servicio en el largo plazo.

⁶² La propuesta de subsidio podría incluirse dentro de la política de subsidios focalizados a sectores de bajos recursos, como otros que entrega el Estado y es complementario con los programas de inversión que permiten aumentar la oferta de agua embalsada.

A los fines de una óptima asignación de la transferencia, se propone un modelo de **subsidio focalizado** a la demanda de menores ingresos, en línea con las acciones de apoyo a las políticas distributivas y minimización de las pérdidas de eficiencia.

La **población objetivo** se define como aquella con incapacidad de pago para sufragar el precio establecido por los servicios del embalse. A fines de definir la población objetivo deberá realizarse un completo diagnóstico de los usuarios potenciales de las obras, disponiendo de la mayor información posible y al menos, en todos los casos, de los datos sobre las variables de control.

El modelo de subsidio deberá incorporar una **herramienta para la identificación** de la demanda potencial y que servirá de requisito para formalizar los procesos de postulación y asignación. Junto a esta herramienta debe definirse el conjunto de **antecedentes de postulación** que el beneficiario potencial deberá presentar para acceder al beneficio; entre ellos, formulario y proceso de postulación completo y validado por la autoridad correspondiente, medio de verificación de las condiciones socio-económicas que dificulten el pago, encontrarse encuestado o dentro de algún sistema de información de usuarios de menores recursos y otros. La información entregada, así como la postulación, tendrán una vigencia de 12 meses, al cabo de las cuales el beneficiario deberá actualizarlas. Complementariamente debería determinarse el **mecanismo de postulación**. En base a experiencias de subsidios actualmente operando en Chile, se sugiere establecer como norma no subsidiar usuarios con usos productivos no agrícolas del recurso (por ejemplo en parcelas de agrado) ni a usuarios que no sean personas naturales.

Una vez definida la población potencial, deberán establecerse también los porcentajes a subsidiar a través de un proceso de **tramificación** que distribuya los potenciales beneficiarios en rangos relativamente homogéneos, en relación a su capacidad de pago, es decir, definiendo la **intensidad del subsidio**. El Estado, a través de la institución designada a tales fines, pagará directamente al prestador o administrador del sistema la diferencia entre lo que puede pagar el usuario y el *precio de traspaso*.

El **número de subsidios** asignado quedará a discreción de la autoridad y podrá depender de diferentes variables, por ejemplo presupuestarias y de política distributiva. No obstante, debe definirse la **institución que hará la distribución** de los subsidios y los recursos para su financiamiento. Así también, deberán definirse las atribuciones para efectuar redistribuciones del número de subsidios y de los recursos financieros, así como la **vigencia** del subsidio si ello se considera pertinente (plazo que podría mantenerse constante, excepto que opere alguna de las causales de extinción del subsidio).

También deberá definirse el **momento** desde el cual el mismo es legalmente vigente y establecer el cumplimiento de las obligaciones y derechos. La autoridad correspondiente evaluará la condición socio-económica y la capacidad de pago de los usuarios a través de una metodología que deberá ser oficializada mediante decreto firmado por los ministerios correspondientes.

La **coordinación y supervisión global** de la administración de los recursos que se asignen en la Ley de Presupuestos para el pago de estos subsidios a la inversión será de la autoridad designada a tales fines, sin perjuicio de las atribuciones que se contemplen en el Reglamento respectivo y en otras normativas legales vigentes.

Por último, deberán definirse las **causales del cese del subsidio**, a partir del no cumplimiento del conjunto de requisitos que habilitan la recepción del mismo. Por ejemplo: i) cuando deje de concurrir alguno de los requisitos establecidos para su otorgamiento; ii) cuando se produzca cambio de domicilio o uso productivo; iii) por renuncia voluntaria del beneficiario; iv) cuando se produzca la venta o transferencia de los derechos de aprovechamiento de aguas; v) cuando no se efectúe el pago de la parte no subsidiada; vi) cuando no se proporcionen los antecedentes requeridos para la revisión de las condiciones socio-económicas; vii) cuando se cumpla el plazo por el cual se concedió el subsidio (si corresponde). Así también, todo beneficiario que haya percibido indebidamente el subsidio ocultando datos o proporcionando antecedentes falsos, deberá restituir las sumas percibidas, de acuerdo al ordenamiento jurídico.

5.2.2.2. Asignación del subsidio

La asignación de los subsidios deberá efectuarse mediante normativa legal correspondiente y por parte de la autoridad competente y autorizada para hacerlo. Asimismo, es deseable que la entrega de los subsidios sea de público conocimiento, así como el proceso de postulación y selección. Ello contribuye al logro de los objetivos de *accountability* que deben guiar el desarrollo de la política pública. Además, debería publicarse el listado de espera, conteniendo los postulantes que no resultaron beneficiados.

La operatorio del programa de subsidios podrá realizarse a nivel local, por ejemplo a través de las oficinas comunales de INDAP o de los Municipios, quienes pueden tomar su cargo la concesión del subsidio a los beneficiarios y el cumplimiento de las normativas legales, financieras y administrativas correspondientes para el correcto funcionamiento del subsidio (por ejemplo, capacidad efectiva de pago, nivel de ingresos para diferenciar en tramos socio-económicos o cualquier otro requisito que se estime pertinente).

En caso de que ocurra alguna causal de extinción del subsidio, la autoridad correspondiente debe declarar extinguido el beneficio, remitiendo copia de la documentación al prestador o administrador del sistema dentro de la fecha legal establecida. El documento debe contener la causal de extinción, nombre y cédula de identidad de la persona a quién se le otorgó el beneficio, dirección del predio y número de enrolamiento en el catastro del prestador o número de socio en la asociación de regante o institución correspondiente. Una vez emitido el documento correspondiente de extinción del beneficio, la autoridad pertinente podrá disponer de los cupos liberados y de acuerdo al procedimiento establecido, podrá otorgar los beneficios a otros postulantes.

Asimismo, todos los subsidios deberán ser extinguidos por la autoridad correspondiente y podrán ser reasignados a otros postulantes. La autoridad debe atribuirse, en cualquier oportunidad, el derecho a revisar los subsidios vigentes y

extinguirlos cuando deje de concurrir alguno de los requisitos legales o reglamentarios establecidos para su otorgamiento y mantención. Para postular al subsidio, el usuario deberá cumplir los requisitos que se detallan a continuación:

- Encontrarse al día en los pagos del servicio de operación y mantenimiento del embalse.
- Encontrarse en condiciones socio-económicas, verificables, que dificulten el pago total del servicio.
- Encontrarse encuestado o tener información vigente en el sistema que se ha establecido formalmente para la entrega de los subsidios.
- Presentar la documentación que se detalla a continuación: Formulario de Postulación, debidamente completado, con letra legible, con los antecedentes solicitados; cédula de identidad del solicitante; documento que acredita su condición de usuario de la infraestructura (derecho de aprovechamiento, por ejemplo y documento que acredite estar al día en los pagos de los costos de operación y mantenimiento).

La asignación de los subsidios se efectuará mediante documento legal correspondiente, en el que se registra la fecha, el nombre y cédula de identidad del beneficiario, dirección y/o ubicación del punto de toma del recurso, porcentaje de subsidio sobre los cargos fijos y variables, puntaje de la ficha de protección social (o instrumento correspondiente) y número de enrolamiento del servicio o número de socio en la asociación de regantes o entidad correspondiente.

En la documentación de pago quedará establecida el valor correspondiente al subsidio otorgado y la parte que será a cargo del usuario, indicando separadamente el valor total de las prestaciones, el monto subsidiado y la cantidad a pagar por el usuario. El representante del Ministerio correspondiente preparará los antecedentes definitivos y confeccionará las fichas de postulación de cada proyecto seleccionado, que cumpla con los criterios de elegibilidad y otras formalidades del caso.

Los usuarios postulantes al subsidio que no fuesen seleccionados podrán solicitar información de esta situación a la autoridad correspondiente, quien deberá publicar los listados con los usuarios seleccionados y las que fueron rechazadas, expresando las causas de rechazo.

5.2.2.3. Aplicación del subsidio

En la sección anterior se describió el marco general y conceptual del subsidio. En el presente apartado se presenta una aplicación a un caso concreto, que puede generalizarse si así se estimara conveniente.

La capacidad de pago puede ser medida a partir de un polinomio establecido en base al **puntaje de vulnerabilidad** y el **ingreso familiar** informado en la Ficha de Protección Social del Sistema Chile Solidario y la **tenencia de acciones** de

derechos de aprovechamiento de derechos de aguas. El polinomio deberá definirse caso a caso, a fin de estimar adecuadamente los parámetros α , β y χ ⁶³:

$$Cap_j = \alpha * PjeVul_{kj} + \beta * YFpc_{lj} + \chi * Acc_{mj}$$

$$\forall k = 0;1;2;3$$

$$\forall l = 0;1;2;3$$

$$\forall m = 0;1;2;3$$

Donde:

Cap_j es la capacidad de pago del usuario *j*;

α es la ponderación del factor puntaje de vulnerabilidad según FPS;

PjeVul_{kj} es el puntaje de vulnerabilidad según FPS del usuario *j* en el intervalo *k*;

β es la ponderación del factor ingreso familiar per cápita según FPS;

YFpc_{lj} es el ingreso familiar per cápita según FPS del usuario *j* en el intervalo *l*;

χ es la ponderación del factor cantidad de acciones;

Acc_{kj} son las acciones (o derechos de aprovechamiento de aguas) del usuario *j* en el intervalo *m*;

La variable *capacidad de pago* luego debe multiplicarse por el precio unitario de reembolso o transferencia de la obra a fines de definir el pago efectivo del usuario:

$$pF_j = p * Cap_j$$

Donde:

pF_j es el precio efectivo pagado por el usuario *j*;

p_j es el precio a pagar por el usuario *j* (ya sea igual a *p* de financiamiento público o privado o *pEP* de público con explotación provisional);

Cap_j es la capacidad de pago del usuario *j*;

Se ha definido como **población objetivo** al conjunto de usuarios con incapacidad de pago para sufragar el precio establecido para el sistema de embalse y obras hidráulicas anexas. A los fines de la presente propuesta, se definen como potenciales beneficiarios a aquellos regantes que disponen de Ficha de Protección Social (FPS) en el Sistema Chile Solidario.

El Sistema Chile Solidario se dedica a la atención de familias, personas y territorios que se encuentran en situación de vulnerabilidad. Se creó en el año 2002, como una estrategia gubernamental orientada a la superación de la pobreza extrema. Posteriormente, la consolidación de una red institucional de apoyo a la integración social, la generación de mecanismos para la ampliación de las oportunidades puestas a disposición de las personas en los territorios y, la instauración de la Ficha de Protección Social, permitieron

⁶³ Se entiende que el puntaje de vulnerabilidad es el indicador de incapacidad de pago más completo de los tres, ya que se encuentra asociado a menor variabilidad de corto y mediano plazo.

que Chile Solidario ampliara su cobertura hacia otros grupos de menores recursos de la sociedad, generando iniciativas para atender diversas situaciones de vulnerabilidad que afectan a la población.

La incapacidad de pago de los regantes ha sido determinada a partir del **puntaje de vulnerabilidad**⁶⁴ y el **ingreso familiar** informado en la FPS y la **tenencia de acciones** según antecedentes aportados por las asociaciones de regantes. El mismo instrumento ha sido para establecer la **tramificación**, que distribuye los potenciales beneficiarios en rangos relativamente homogéneos en relación a su capacidad de pago y la **intensidad del subsidio**, que establece los pagos de contraprestación no subsidiarios. La Tabla 5 muestra una matriz de estratificación de usuarios en base a cruces según puntaje, ingreso per cápita y número de acciones. Los rangos de vulnerabilidad pueden establecerse realizando ordenamientos del puntaje en tramos relativamente homogéneos o de acuerdo a parámetros establecidos en el mismo SPS Chile Solidario; por ejemplo, definiendo *alta vulnerabilidad* a los usuarios que reciben el subsidio de puntaje de corte más bajo y como *baja vulnerabilidad* a los usuarios cuyo puntaje excede el corte de la prestación monetaria menos focalizada⁶⁵.

Línea de Pobreza	Rango Acciones	Alta Vulnerabilidad	Media Vulnerabilidad	Baja Vulnerabilidad	Sin Dato	Total
Indigente	0 a 5					
	5,01 a 12					
	12,01 a 30					
	30,01 o más					
Pobre No Indigente	0 a 5					
	5,01 a 12					
	12,01 a 30					
	30,01 o más					
No Pobre	0 a 5					
	5,01 a 12					
	12,01 a 30					
	30,01 o más					
Sin Dato	0 a 5					
	5,01 a 12					
	12,01 a 30					

⁶⁴ Según indica el SPS Chile Solidario, la FPS responde a una lógica de protección social fundada en derechos, midiendo el concepto de vulnerabilidad, en reemplazo del concepto de pobreza - carencia de la antigua Ficha de Caracterización Social (CAS). Opera con una concepción más dinámica de la pobreza y permite identificar oportunamente a aquellas personas y familias cuyos rasgos de vulnerabilidad los priorizan como destinatarios de la protección social. Obedece también a la necesidad de abrir una puerta más justa a la red de beneficios sociales del Estado, que sea capaz de recoger los cambios experimentados por la pobreza, de identificar las distintas dimensiones que confluyen en ella, de detectar a quienes viven situaciones de vulnerabilidad y de recabar información pertinente para la aplicación de los programas de protección social. También pretende proveer información para dar respuestas más pertinentes de protección social y seleccionar de modo más justo a quienes tienen mayores vulnerabilidades, para hacer efectivos, algunos beneficios sociales, especialmente subsidios monetarios y habitacionales, entre otros.

⁶⁵ Por caso, los puntajes de corte de los *Subsidios de Discapacidad Mental* y el *Subsidio Único Familiar* establecen cortes en 8.500 y 11.734 puntos, respectivamente.

	30,01 o más					

Tabla 5 Estratificación según Vulnerabilidad, Línea de Pobreza y Acciones

Fuente: elaboración propia en base a SPS Chile Solidario y DOH.

Por ejemplo, suponiendo los valores para los parámetros presentados en la Tabla 6 y aplicando el polinomio, se estima la matriz de factores de capacidad de pago (Tabla 7). Aplicando esta matriz según ecuación de pagos, se obtiene la matriz de precios o reembolso, en unidades monetarias.

Ponderador	Vulnerabilidad	Línea Pobreza	Acciones
$\square = 0,4;$ $\square = 0,3;$ $\square = 0,3;$	$j = 0$ si $PjeVul. < 8.500;$ $j = 1$ si $8.501 < PjeVul. < 11.734;$ $j = 2$ si $11.734 < PjeVul.;$ $j = 3$ si <i>no dato en SPS;</i>	$l = 0$ si <i>indigente;</i> $l = 1$ si <i>pobre no indigente;</i> $l = 2$ si <i>no pobre;</i> $l = 3$ si <i>no dato en SPS;</i>	$m = 0$ si $acc. < 5;$ $m = 1$ si $5,01 < acc. < 12;$ $m = 2$ si $12,01 < acc. < 30;$ $m = 3$ si $acc. > 30,01;$

Tabla 6. Supuestos para la estimación de Factor de Capacidad de Pago

Fuente: elaboración propia.

Línea de Pobreza	Rango Acciones	Alta Vulnerabilidad	Media Vulnerabilidad	Baja Vulnerabilidad	Sin Dato
Indigente	0 a 5	0	0	0	0
	5,01 a 12	0	0	0	0
	12,01 a 30	0	0	0	0
	30,01 o más	0	0	0	0
Pobre No Indigente	0 a 5	0	0	0	0
	5,01 a 12	0	0,036	0,072	0
	12,01 a 30	0	0,072	0,144	0
	30,01 o más	0	0,108	0,216	0
No Pobre	0 a 5	0	0	0	0
	5,01 a 12	0	0,072	0,144	0
	12,01 a 30	0	0,144	0,288	0
	30,01 o más	0	0,216	0,432	0
Sin Dato	0 a 5	0	0	0	0
	5,01 a 12	0	0	0	0,324
	12,01 a 30	0	0	0	0,648
	30,01 o más	0	0	0	0,972

Tabla 7. Estimación de Factor de Capacidad de Pago según Vulnerabilidad, Línea de Pobreza y Acciones

Fuente: elaboración propia en base a SPS Chile Solidario y DOH.

En este caso, para un usuario con alta vulnerabilidad, indigente y con menos de 5 acciones, su factor de capacidad de pago será 0, por lo cual su pago efectivo será nulo, dado que:

$$pF_j = p * 0 = 0$$

El mismo ejercicio puede hacerse para usuarios con diferentes atributos de vulnerabilidad, ingreso familiar per cápita y tenencia de acciones.

El subsidio unitario correspondiente puede estimarse como la diferencia entre el precio o pago de reembolso y el pago efectivo estimado. Como el pago o reembolso por usuario se ha establecido en función de cantidad de acciones o derechos de aprovechamiento de aguas suscritos, el modelo permite estimar la recaudación total por la transferencia de la obra.

5.2.3. Consideraciones finales sobre subsidios

Desde el punto de vista de la eficiencia económica, no deben mezclarse los fines de tarificación o diseño de sistemas de precios (guiada por una política de eficiencia) y de política distributiva (guiada por las preferencias sociales), ya que no necesariamente la tarificación es la mejor forma de hacer política distributiva, así como tampoco lo es el desarrollo de infraestructura pública.

La intervención estatal para regular los precios implica la consideración de un conjunto de factores, además de la búsqueda de la eliminación de las distorsiones en los mercados. Por ello, en general se recomienda que la autoridad evite satisfacer simultáneamente los objetivos de eficiencia asignativa y equidad distributiva a través de un único medio (el establecimiento de un sistema de precios). En este sentido, deberá ser claro que la tarificación es la herramienta más adecuada para lograr la asignación eficiente de los recursos, en tanto el subsidio es el instrumento más adecuado para lograr el objetivo de política distributiva.

Una limitación de la aplicación metodológica realizada en el capítulo tiene que ver con los supuestos realizados para validar la FPS como instrumento de focalización, ya que supone que los usuarios sin RUT vigente en el SPS Chile Solidario corresponden a usuarios con capacidad de pago suficiente, lo cual puede no ser estrictamente cierto en todos los casos. Asimismo, la matriz de pagos y subsidios que se establezca como resultado del análisis deberá ser analizada caso a caso, al igual que el polinomio, e idealmente validada en terreno, revisando en forma muy detallada la información de los usuarios con derechos de aprovechamiento a fines de evitar la asignación de subsidios en forma equívoca (por ejemplo a usuarios no merecedores de los mismos). Así también, es frecuente encontrar en las bases de datos antecedentes que refieren a usuarios tipificados como "Suc." o "Sucesión", a los cuales no se asocia RUT alguno, pero que efectivamente son usuarios del sistema ya que disponen de derechos de aprovechamiento de aguas.

Además de los aspectos señalados anteriormente, al momento de diseñar el subsidio deben considerarse los siguientes aspectos: i) el establecimiento de reformas institucionales y regulatorias para permitir la operación del programa de

subsidio; ii) asignar los subsidios sólo a aquellos usuarios que la sociedad estima conveniente que consuman el agua embalsada y que no disponen de capacidad de pago para sufragar el pago; iii) el subsidio debe ser directo, habilitante y no asistencial y estar sujeto al cumplimiento de un conjunto de obligaciones por parte del beneficiario potencial. Por ello, debe cubrir sólo parte del precio, a fines de contribuir a alinear los incentivos de los consumidores hacia los usos más eficientes.

Por último, cuando sea posible, los programas de subsidio deberán incorporar una focalización espacial, debido a que las realidades regionales desde el punto de vista geográfico y socio-económico pueden ser disímiles.

6. CAPÍTULO 6. ADMINISTRACIÓN Y RESPONSABILIDADES GENERALES

En este capítulo se describen las responsabilidades de las instituciones que han estado involucradas en el desarrollo del Manual.

6.1. Comisión Nacional de Riego

La Comisión Nacional de Riego, en el contexto del presente Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico, participa de una serie de actividades relacionadas con su desarrollo. Éstas son:

- Coordinar y presidir la mesa de trabajo, la cual está compuesta por:
 - Comisión Nacional de Riego
 - Dirección de Obras Hidráulicas
 - Dirección General de Aguas
 - División de Planificación, Estudios e Inversiones de MIDEPLAN
 - Subdirección de Estudios y Políticas de Inversión de la Dirección de Planeamiento del MOP
- Elaborar y actualizar las etapas del ciclo de vida de proyectos de obras de aprovechamiento hidráulico.
- Apoyar a MIDEPLAN en la Elaboración y actualización de la Metodología de Formulación y Evaluación Social de proyectos de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas.
- Actualizar periódicamente el Sistema de Información en línea (Banco Integrado de Proyectos) con los avances de los proyectos.
- Velar por el correcto avance de las iniciativas por las etapas del ciclo de vida del proyecto.
- Difundir el Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico.

6.2. Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Riego

El Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Riego tiene las siguientes responsabilidades

- Presentar al Consejo de Ministros de la CNR, para su aprobación:
 - El Marco Anual de Orientación para el desarrollo del Programa Nacional de Riego, lo que incluye prioridades regionales y por tipo de proyecto, sobre la base de los lineamientos de la Política Agraria.
 - Un programa anual de acción y de inversión para el desarrollo del Programa Nacional de Riego.
- Coordinar el equipo de trabajo encargado de la confección y actualización del Manual.
- Preparación de la cartera de proyectos con Perfil que postulan a Prefactibilidad.
- Coordinación y supervisión de la presentación de proyectos con Prefactibilidad que postulan a Factibilidad, al SNI de MIDEPLAN.
- Coordinación y supervisión de la presentación de proyectos con factibilidad que postulan a diseño y de diseño a ejecución, al Consejo de Ministros de la CNR.
- Coordinar la ejecución de los acuerdos del Consejo de Ministros de la CNR y asegurar su seguimiento.
- Coordinar la evaluación periódica del avance de la cartera de proyectos.
- Coordinar la preparación del Presupuesto anual y la presentación para la consideración del Consejo de Ministros de la CNR.
- Coordinar la ejecución de los acuerdos del Consejo y su seguimiento y evaluación periódicos.
- Coordinar la evaluación periódica del avance del Programa Nacional de Riego.

6.3. Dirección de Obras Hidráulicas

Conforme al DFL-1123, que establece las normas sobre ejecución de obras de riego por el Estado, a la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) le corresponden las siguientes responsabilidades:

- Efectuar los Estudios de Factibilidad de las obras que se desee ejecutar, determinando el costo aproximado de ella, incluyendo el de los canales derivados.
- Terminados los citados estudios, se citará por medio de avisos a los interesados para que, dentro del plazo que les fije la DOH, que no podrá ser inferior a un mes, formulen las observaciones que dichos estudios les merezcan y hagan valer sus derechos.
- Las obras que se construyan deberán haber sido previamente evaluadas y aprobadas por la Comisión Nacional de Riego.
- La DOH podrá ordenar la confección del Diseño definitivo si los interesados que representen a lo menos el 33% de los nuevos terrenos por regar o el 33% de los derechos de aprovechamiento cuando se trate de obras de uso múltiple manifiesten por escrito que aceptan el anteproyecto a que se refiere el artículo anterior.
- Cuando se trate de obras de mejoramiento se considerará, para realizarlas, la suscripción del 33% del aumento de las disponibilidades de agua.
- La DOH solicitará el otorgamiento de los correspondientes derechos de aprovechamientos de agua, permanentes o eventuales, que requieran las obras aceptadas.
- Terminado el Diseño definitivo del proyecto, la DOH lo someterá a la consideración de los interesados.
- El MOP está facultado para incluir el proyecto en sus programas de construcción cuando hubiere interesados que representen a lo menos el 50% de las nuevas disponibilidades de agua, que acepten la ejecución de las obras y se comprometan a reembolsar su costo en la forma y condiciones que se establezcan en el reglamento.

- Terminadas las obras, la DOH lo hará saber a los usuarios, quienes podrán hacer las observaciones que ellas les merezcan durante los dos primeros años de explotación, por intermedio de sus respectivas organizaciones.
- Si las observaciones fueren acogidas, la DOH ejecutará las reparaciones u obras complementarias a que haya lugar. Si no lo fueren total o parcialmente, las discrepancias serán resueltas por el Ministerio de Obras Públicas.
- La ejecución de obras complementarias no consultadas en el proyecto aceptado por los beneficiados, aumentará proporcionalmente el precio que debe pagar cada uno de ellos para cubrir el costo efectivo total de los nuevos trabajos.
- Una vez vencido el plazo de explotación provisional se fijará por decreto supremo del Ministerio de Obras Públicas, la zona beneficiada, la capacidad efectiva de la obra y los derechos que les correspondan a los usuarios. El mismo decreto fijará el costo efectivo de las obras, el valor de los derechos y el monto de la deuda que cada usuario deberá reembolsar al Fisco. El decreto dispondrá que el dominio de las obras y los terrenos que ellas ocupen sea transferido a las Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canallistas, o a falta de ellas a los usuarios y autorizará a la DOH para otorgar las escrituras correspondientes que contendrán los compromisos de pago respectivos.
- Las obras de riego construidas con arreglo al DFL 1123, podrán ser administradas por el Estado durante el plazo no mayor de cuatro años contado desde la terminación de ellas, que se denominará de explotación provisional y que será fijado por la DOH. El costo de la explotación por el Estado será de cargo de los usuarios en la forma que establece el Reglamento del citado DFL.
- Durante el período de explotación provisional, la administración y explotación de las obras se hará de común acuerdo con la respectiva organización de usuarios, la cual designará un delegado que la represente. A falta de acuerdo, resolverá el Ministro de Obras Públicas.
- Los beneficiados con las obras que se conserven en el Patrimonio estatal, estarán obligados a pagar una cuota anual, por concepto de uso de ellas y de gastos de explotación, que fijará el Ministro de Obras Públicas.

6.4. Dirección General de Aguas

Atendidas las etapas indicadas en el flujo de vida para un proyecto de aprovechamiento hidráulico, preparado por la mesa de trabajo sobre evaluación de estas obras, las responsabilidades que competen a la DGA en dicho flujo de vida serían las siguientes.

- En la etapa de Prefactibilidad la DGA informará al responsable de esta etapa, cuando así él lo estime, sobre la situación legal de las Organizaciones de Usuarios de Aguas (OUA) presentes en una determinada cuenca, o en una fuente específica, atendidos sus registros conservatorios de OUA.
- Asimismo, informará la DGA sobre la situación de encontrarse o no inscritos en el Catastro Público de Aguas, los derechos de aprovechamiento que se encuentren constituidos en una determinada fuente.
- En lo que respecta a la posibilidad de constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas para el desarrollo de la obra que se evalúa, la DGA informará sobre la disponibilidad de aguas en el punto en que se deseen captar las aguas, debiendo indicarse el caudal que podrá afectarse con un derecho de aprovechamiento de agua a favor del Estado de Chile para el desarrollo de dicha obra.
- En la etapa de factibilidad, la DGA deberá tramitar, en conformidad con las normas establecidas en el Código de Aguas, las solicitudes de constitución y regularización de derechos de aprovechamiento de aguas, así como las solicitudes relativas a la regularización de las Organizaciones de Usuarios de Aguas.
- Asimismo, la DGA informará al tribunal competente sobre las solicitudes de perfeccionamiento de títulos que se hayan presentado.
- Todo lo anterior, con el objeto de dar forma a la situación legal de los derechos de aprovechamiento y de las organizaciones de usuarios que deban estar involucradas en el desarrollo de una obra determinada.

6.5. Ministerio de Planificación

El Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), en el desarrollo de los proyectos de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas lleva a cabo un conjunto de actividades para apoyar el proceso de toma de decisiones en la asignación de recursos públicos en sus diferentes fases y etapas. Ellas son:

- Elaborar normas, instructivos y procedimientos (NIP) para la formulación, presentación y evaluación de las iniciativas de inversión que postulan anualmente a financiamiento público. Son elaboradas en conjunto con el Ministerio de Hacienda.
- Realizar Análisis Técnico Económico de las iniciativas de inversión postuladas al Sistema Nacional de Inversiones (SNI).
- Elaborar y actualizar la Metodología de Formulación y Evaluación Social de proyectos de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas.
- Capacitar y difundir la Metodología.
- Mantener Sistema de Información en línea (Banco Integrado de Proyectos). Se accede a él desde la página WEB de MIDEPLAN o directamente a **<http://bip.mideplan.cl>**
- Capacitar a funcionarios públicos en materia de preparación, formulación y evaluación de iniciativas de inversión.
- Realizar evaluación Ex-Post, que permita retroalimentar y actualizar las metodologías, parámetros y supuestos del análisis técnico-económico (evaluación ex ante), y efectuar las correcciones tendientes a perfeccionar los procesos y los procedimientos de inversión vigentes.

6.6. Ministerio de Hacienda

El Ministerio de Hacienda tiene las siguientes responsabilidades generales:

- Colaborar en la elaboración del marco presupuestario anual para el desarrollo del Programa Nacional de Riego.
- Ejercer las atribuciones y derechos que al Ministerio de Hacienda le corresponden a través de la Dirección de Presupuestos, en lo relativo a la ejecución financiera de los recursos asignados al Programa, así como en la evaluación de los procedimientos de financiamiento para el desarrollo de la inversión.

6.7. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo

El Ministerio de Economía tiene las siguientes responsabilidades generales:

- Definición del marco de la política económica para el desarrollo del Programa Nacional de Riego, su seguimiento y evaluación.
- Contribuir a la formulación y aplicación de instrumentos de financiamiento del desarrollo del riego, con el fin de:
 - Potenciar los beneficios económicos y sociales de la inversión.
 - Reforzar el uso eficiente y sustentable del recurso hídrico.
 - Fortalecer el rol de las organizaciones de usuarios del agua.
 - Posibilitar la utilización multisectorial del mismo.
- Contribuir al desarrollo de los procesos de innovación orientados a elevar la eficiencia del riego y los efectos de la inversión en riego sobre la productividad y el empleo.

6.8. Organizaciones de Usuarios de Aguas

A continuación se presentan las responsabilidades generales de las Organizaciones de Usuarios de Aguas.

- En la etapa de Prefactibilidad, las organizaciones usuarias de agua (OUA) que puedan ser beneficiadas con el proyecto deberán aportar la información con que cuenten, referente a los derechos de aprovechamiento de aguas que administran y a las extracciones de aguas de su jurisdicción territorial y aquellos derechos que conozcan de la cuenca. Las OUA, por medio de la entrega de esta información, deben facilitar la evaluación de la situación relativa a los derechos de aprovechamiento, a los usos de aguas de su jurisdicción territorial y a su situación administrativa y operativa.
- Para efectos de lo anterior, las OUA deberán hacer entrega a la entidad responsable de la etapa, del registro al que se refiere el artículo 205 del Código de Aguas.
- En esta fase los regantes beneficiados con las posibles obras deben avanzar/proceder al perfeccionamiento de sus títulos y a la conformación de las OUA respectivas, sin perjuicio del apoyo que a este proceso pueda prestar la entidad responsable de la etapa.
- En la etapa de factibilidad, los regantes beneficiados con las posibles obras deben comenzar con el perfeccionamiento de sus títulos y a la conformación de las OUA respectivas, sin perjuicio del apoyo que a este proceso pueda prestar la entidad responsable de la etapa.
- En la etapa de diseño, los regantes beneficiados con las obras deben finalizar con el perfeccionamiento de sus títulos y a la conformación de las OUA respectivas, sin perjuicio del apoyo que a este proceso pueda prestar la entidad responsable de la etapa.
- En la etapa de ejecución de la obra, los regantes beneficiados con las obras deben contar con sus títulos y las OUA respectivas constituidas, sin perjuicio del apoyo que a este proceso pueda prestar la entidad responsable de la etapa.

6.9. Encargado Regional

La Comisión Nacional de Riego, a través de la División de Estudios y Desarrollo, cuenta con Encargados Regionales para todas las regiones del país. Sus funciones son:

- Levantar información de demanda de estudios proyectos y programas en las regiones establecidas.
- Transformar las demandas en iniciativas de inversión a través del equipo profesional a su cargo.
- Coordinarse con el nivel central para el ingreso de las iniciativas al SNI previa priorización desde el nivel central.
- Gestión de recursos regionales para el financiamiento de iniciativas de inversión con Gobierno Regional y otras instituciones públicas o privadas.
- Supervisión de las iniciativas a través del equipo profesional a su cargo (operativos regionales) y mantener informado a los coordinadores de Estudios y Programas de las actividades y el desempeño de la empresa consultora.
- Participación y representación de la CNR en las distintas instancias regionales.
- Difusión y transferencia de lineamientos estratégicos de la CNR.
- Coordinación de las instituciones regionales para la implementación de la política de riego.
- Mantener estrecha coordinación con el nivel central para implementar el plan de trabajo de la división de Estudios de acuerdo a política definida.

6.10. Comité de Traspasos

A continuación se presentan las responsabilidades generales del Comité de Traspasos

- El Comité de Traspaso de Obras a los regantes es el encargado de articular el proceso de transferencia del dominio, administración y operación de las obras y derechos de aprovechamiento de aguas a la organización de usuarios de aguas correspondiente (junta de vigilancia, asociación de canalistas y comunidades de aguas) en las condiciones y plazos establecidos.
- Para lograr el objetivo anterior, el Comité de Traspaso de Obras, durante el periodo de administración provisional de la obra, debe asegurarse de que la organización de usuarios de aguas que quedará como responsable de la administración y operación de la obra tenga las capacidades técnicas y legales para hacerse cargo de ella una vez que dicha etapa termine.
- El Comité de Traspaso de Obras está liderado por la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas, apoyada por la Comisión Nacional de Riego del Ministerio de Agricultura.

6.11. Comité Evaluador del Manual

A continuación se presentan las responsabilidades generales del Comité Evaluador del presente Manual:

- El comité Evaluador del Manual de Obras de Riego tiene la responsabilidad de desarrollar la mejora continua de los procesos descritos en él, con el fin de fortalecer la planificación, ejecución, operación y traspaso de las obras.
- La mejora continua involucra, entre otros, revisiones periódicas de:
 - Metodologías de evaluación socioeconómica de proyectos, a partir de la realización de evaluaciones ex post de obras en operación (en el mediano plazo) y evaluaciones de impacto (en el largo plazo)
 - Criterios metodológicos para la determinación de subsidios
 - Criterios metodológicos para la priorización de grandes obras
 - Requerimientos técnicos y legales de los proyectos a realizar en cada etapa del ciclo de vida del proyecto
 - Requerimientos técnicos y legales para avanzar en a las siguientes etapas del ciclo de vida del proyecto
- Asimismo, tiene la responsabilidad de difundir el Manual de Obras a actores privados y públicos relacionados con la planificación, ejecución, operación y traspaso de obras
- El Comité Evaluador de Manual está compuesto por la Comisión Nacional de Riego, la Dirección de Obras Hidráulicas y la Subdirección de Estudios de la Dirección de Planeamiento del MOP, la División de Planificación, Estudios e Inversiones de MIDEPLAN y por la Dirección General de Aguas del MOP.

7. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

En general las políticas de gestión de recursos hídricos tienen amplios efectos, no sólo sobre el desarrollo humano y social, sino además en el medio-ambiente. Básicamente, esos impactos tienen una dimensión económica negativa o positiva que debe ser tomada en cuenta en la construcción de la política. En particular, el proceso de decisión requiere la comparación de beneficios y costos, su asignación y los usos competitivos.

El presente Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego busca ser una herramienta que permita mejorar el proceso de planificación, evaluación, ejecución y operación de obras. Está basado en el Evaluación integrada de Recursos Hídricos, donde se considera a la cuenca como unidad de planificación y gestión.

El Manual propone que las iniciativas que se deben promover deben considerar el uso múltiple del recurso hídrico, ya que tiene un alto valor como insumo para diversos sectores económicos y para la sociedad. Se plantea que en el ciclo de vida de un proyecto, se analicen en cada etapa las áreas temáticas para desarrollar los componentes técnicos y de gestión asociados al proyecto. Los antecedentes técnicos tienen relación con los aspectos de ingeniería, evaluación económica y evaluación ambiental, entre otros. Por otra parte, los antecedentes de gestión están vinculados a elementos jurídicos relacionados a los derechos de aprovechamiento de aguas, que permitan crear y fortalecer las organizaciones de usuarios de aguas que se verán beneficiadas con el proyecto, así como regularizar y perfeccionar derechos de aprovechamiento de aguas individuales. Asimismo, para mejorar la eficiencia de inversión pública, se proponen metodologías actualizadas de evaluación socioeconómica de proyectos ex ante para determinar los beneficios esperados que la sociedad percibirá con la construcción y ejecución de la obra. Esta metodología incluye la estimación de los efectos directos, efectos indirectos y externalidades que el proyecto genere para determinar el Valor Actual. Los potenciales beneficios e impactos adversos en la población son abstractos y a menudo de concepto ambiguo. Los economistas analizan los valores como extrínsecos, y proponen medir los impactos en términos de satisfacción de las preferencias transformando el concepto de bienestar en una medida métrica y comparable.

Para el logro de este objetivo, dos tipos de estimaciones son propuestas en el Manual: i) análisis beneficio - costo de las actividades de mercado; ii) estimar precios para bienes sin mercados formales. En ambos casos, los precios empleados son los llamados precios sombra

Sin embargo, diversos temas no han sido incorporados en esta primera versión del Manual. Se debe definir el contexto jurídico para la desalación de agua de mar, así como los incentivos para promover esta fuente no convencional, especialmente en las áreas más deficitarias en el norte del país. En esta versión del Manual tampoco se describe el Nuevo Modelo de Grandes Obras debido a

que se la iniciativa se encuentra en etapa de idea. Sin embargo, una vez definida la operativa de esta nueva forma de ejecución de grandes obras, será incorporad dentro del Manual. Asimismo, se propone que en el mediano plazo, este Manual pase a ser una normativa para la ejecución de obras hidráulicas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1997. Anderson, T.; P. Snyder. Water Markets: primiting the invisible pump. Cato Institute.

1988. Banco Mundial. Evaluation Results for 1998. Issues in World Bank Lending Over Two Decades. Washington, DC.

Banco Mundial. Libro de Consulta para Evaluación Ambiental (Volumen I; II y III). Trabajos Técnicos del Departamento de Medio Ambiente.

2004. Botteon, C. metodología de de evaluación de proyectos de recursos hídricos.

2004. CEPAL. Donoso, Guillermo et al. Mercados de agua: experiencias y propuestas en América del sur. Serie recursos naturales e infraestructura.

2004. CEPAL. Lee, T. y Juravlev, A. los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua. Serie medioambiente y desarrollo.

1998. CEPAL, "Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua", Serie Medio Ambiente y Desarrollo N°6, Octubre de 1998

1992. Cohen, E. y Franco, R.: Evaluación de proyectos sociales. México: Siglo Veintiuno.

1992. Coloma, F: "Evaluación Social de Proyectos", Banco Mundial, Bolivia, marzo-abril.

2009. Contreras, E. Aplicación de métodos alternativos para valorar recursos naturales (sin mercado) e impactos ambientales.

2006. Cordero, S., et al. Análisis de costo beneficio de cuatro proyectos hidroeléctricos en la cuenca Changuinola – Teribe.

2000. Curso Interamericano en Preparación y Evaluación de Proyectos. Gestión de Aguas Lluvias: Aplicación en Pudahuel y Recoleta. Instituto de Economía, PUC. Chile.

1992. Curso Interamericano en Preparación y Evaluación de Proyectos. Proyectos de Evacuación de Aguas Lluvias y Defensas Fluviales: Metodologías y Aplicación en Colina. Instituto de Economía, PUC. Chile.

1994. Diamond, Peter A. y Jerry A. Hausman, "Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?", Journal of Economic Perspectives.

2002. Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. Metodología de Evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias.

1978. Engenharia de Recursos Hídricos. Ray K.Linsley & Joseph B. Franzini. Editora da Universidade de Sao Paulo e Editora McGraw-Hill do Brasil, Ltda.

2001. Fontaine, Ernesto. Evaluación Social de Proyectos. Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía.

2003. Fuenzalida, V. Asignación eficiente de recursos naturales: el caso de las aguas terrestres. Pharos, nov.-dic., año/Vol. 010, número 002, Santiago, Chile.

2002. Hadjigeorgalis, E. y Riquelme, C. Análisis de los precios de los derechos de aprovechamiento de aguas en el río Cachapoal.

2004. Hadjigeorgalis, E. Comerciando con incertidumbre: los mercados de agua en la agricultura chilena. Cuadernos de economía, Vol. 41 (abril).

1964. Handbook of Applied Hydrology. A Compendium of Water-resources Technology. Ven Te Chow, Ph.D., Editor in Chief. Editora McGraw-Hill Book Company. ISBN 07-010774-2.

Handbook of Applied Hydraulics. Library of Congress Catalog Card Number 67-25809.

1972. Harberger, A. "Evaluación de proyectos", MacMillan Press Ltd, Londres y Basingstoke, Inglaterra.

2007. Hernández-Sancho, F. y Mocholi, M. Modelo para la gestión óptima de la oferta de agua en un área territorial. Facultad de economía universita de Valencia.

1983. Hidráulica de los Canales Abiertos. Ven Te Chow. Editorial Diana, México. ISBN 968-13-1327-5

1999. Jiménez, J. y Asad, M. Manejo de los recursos hídricos en la Argentina: aspectos económicos y financieros. Informe final.

2005. Joskow, P. Regulation of Natural Monopolies. MIT

2007; Lechuga, J.; Rodríguez, M.; y Lloveras, J. Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica.

1997.Ledesma, Z. y Sánchez R.: Análisis económico-social de un proyecto de inversión hidráulico: El caso "Palmarito". Tesis de Maestría en Desarrollo Económico, CDICT-UCLV.

2007. Martínez, y. y Goetz, R. Ganancias de eficiencia versus costes de transacción de los mercados de agua. Revista de Economía Aplicada AE, número 43 (Vol. XV).

1991. Martínez A. y Schlupmann, K. La ecología y la economía. Fondo de cultura económica, México.

1994. McFadden, D.: "Contingent Valuation and Social Choice." American Journal of Agricultural. Economics, Vol. 76, pp. 689-708.

2010. MIDEPLAN NIP., Sistema Nacional de Inversiones (SNI), "Metodología de Riego".

1992. MIDEPLAN. Inversión Pública: Eficiencia y Equidad. Departamento de Inversiones.

2006. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos.

2000. Ministry of Agricultural, Fisheries and Food. Flood and Coastal Defence Project Appraisal Guidance: Approaches to Risk. Reino Unido.

2008. Monsalve, Germán. Hidrología en la ingeniería. Editorial Alfaomega.

1999. O. Chisari, A. Estache y J.J. Laffont. "The Needs of the Poor in Infrastructure Privatization: The Role of Universal Service Obligations" Enero.

1999. Pasqual, J.: La evaluación de políticas y proyectos. Criterios de valoración económicos y sociales. Icaria editorial, Universidad Autónoma de Barcelona, España.

1996. Perelló, J Economía ambiental. u. de alicante, España.

2007. Pérez y Pérez, L. y Barreiro, J. Una nota sobre la recuperación de costes de los servicios del agua en la cuenca del gallego. Economía agraria y recursos naturales. issn: 1578-0732. Vol. 7, 13. pp. 49-56.

2006. Pérez, J. y Piedra, F. Localización y afectación de costes medioambientales y no medioambientales en las empresas de aguas: el coste del agua desalada.

2007. Preafán, C. Metodología para la recuperación de costes financieros en el servicio de regadío (el caso de canarias). Pamplona, 15-17 mayo.

2009. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Fundación Agro UC, Departamento de Economía Agraria. Informe final: valor de la tierra agrícola y sus factores determinantes santiago, junio del 2009.

2008. Pontificia Universidad Católica de Chile, Fundación Economía y Administración UC. "Informe Etapa 4: Análisis de técnicas de evaluación de proyectos de protección de riberas de cauces naturales".

2002. Riesgo Laura, Gómez-Limón José, "Políticas de tarificación y de ahorro de agua en el regadío. Análisis de su aplicación conjunta", Universidad de Valladolid, Palencia.

1998. Sánchez, R.: Metodología para evaluación socioeconómica del vial de enlace Aeropuerto- Km 0 Pedraplén, Informe de investigación terminado, CDICT-UCLV.

1995. Sapag, N. y Sapag, R.: "Preparación y Evaluación de Proyectos". 3ra Edición. McGraw Hill Interamericana S. A.

2002. Soluciones Integrales Consultores. Priorización de Proyectos de Drenajes y Control de Aguas Lluvias, Informe Final.

2001. Soluciones Integrales Consultores. Estudio de Valorización de Beneficios de Proyectos de Evacuación y Drenaje de Aguas Lluvias, Informe Final.

1996. Vizzio, M.: "Recopilación de fundamentos de evaluación de inversiones". Folleto Edición Maestría en Formulación, Evaluación y Administración de Proyectos de Inversión. Córdoba, Argentina.

2007. Universidad de Chile, Departamento Ingeniería Industrial. Manual de cálculo del valor del agua de riego con el método de valoración contingente. Tomo II: análisis de métodos alternativos para valorar los beneficios directos de los proyectos de riego.

2007. Universidad de Chile, Departamento Ingeniería Industrial. Informe final estudio análisis para el mejoramiento del proceso de evaluación de proyectos de

riego. Tomo II: análisis de métodos alternativos para valorar los beneficios directos de los proyectos de riego.

2007. Universidad de Chile, Departamento Ingeniería Industrial. Informe final estudio análisis para el mejoramiento del proceso de evaluación de proyectos de riego. Tomo i: análisis de la forma de aplicación del método del presupuesto y estandarización de su procedimiento de aplicación.

www.dams.org

www.oas.org

www.unesco.org

APÉNDICE A. GUÍA GENERAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA APLICACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO

A continuación se presenta un guía general para aplicación del análisis de riesgo.

Propuesta de soluciones para corrección de la información disponible

Para el caso de outliers⁶⁶ que no tengan razones fundamentales de respaldo, se propone eliminarlos, ya que de no existir razones, lo más probable es que se trate de errores de registro que distorsionarán las estimaciones de distribuciones de probabilidad. Para el caso de datos omitidos, si se sabe que esos datos debieron haber existido y que por ende se trata de un problema de no registro, se propone completar la serie de datos buscando correlaciones entre el dato bajo análisis y otra variable cuya serie sí incluya datos en los periodos en que se generan las omisiones (por ejemplo si se requiere conocer el precio de un producto de exportación en un determinado momento del tiempo, es posible utilizar para ello la correlación que existe entre el precio de exportación y el precio del producto destinado al mercado interno). Para el caso de cambios estructurales, deben identificarse los períodos en los que se generan discontinuidades o "saltos", para considerar ese evento en la estimación de las distribuciones de probabilidad (si las distribuciones obtenidas antes y después del quiebre son iguales no habría problemas; sin embargo, en caso de resultar distintas, el quiebre altera la distribución de probabilidad de los datos por lo cual debe seleccionarse la distribución obtenida al trabajar exclusivamente con datos posteriores al quiebre si existe suficiente información posterior al quiebre; o bien, obtener distribuciones pre y post quiebre y estimando razonablemente que dicho quiebre no debiese repetirse en el futuro, se propone eliminar la discontinuidad sustituyendo algunos datos previos y posteriores al "salto" por datos obtenidos mediante promedios móviles o alisamientos exponenciales; de esa forma se elimina el "salto" manteniendo continuidad en la serie de datos).

Método de interpolación lineal

En lo que sigue, se desarrolla el método de interpolación lineal, a fines de permitir al formulador disponer de mayores herramientas. Supóngase que se quiere estimar el valor "y" asociado al punto "x". Según el método de interpolación lineal, se supondrá que la función se comporta como una recta en el intervalo (x_1, x_2) , que contiene al (o los) punto(s) requerido(s) (Figura N°A.1).

La expresión matemática de dicha recta, que permitirá calcular el valor de "y", será:

$$y = y_1 + (x - x_1) * \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)$$

Donde:

⁶⁶ Observación que es numéricamente distinta del resto.

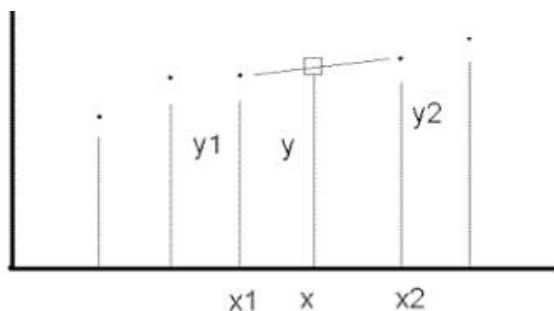
x_1 y x_2 corresponden a la última fecha no eliminada antes del "salto" y la primera fecha no eliminada después del salto, respectivamente;

y_1 el último valor de la serie antes del salto, en la fecha x_1 ;

y_2 el primer valor de la serie después del salto, en la fecha x_2 .

Figura N°A.1

Interpolación lineal



Fuente: Basefinanciera.com

I. Proceso de reversión hacia la media

Cuando una variable sigue un proceso de reversión hacia la media, puede ser representado por la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$dS_t = k * (m - S_t)dt + \sigma * dW_t$$

Para $t = 0, 1, \dots; n$

Donde:

k es la velocidad de reversión a la media;

m el nivel de largo plazo al cuál revierte la variable S .

σ es la volatilidad de S ;

dW representa un proceso de browniano.

Específicamente, el parámetro K debería tomar valores entre -1 y 1, donde 1 indica un ajuste instantáneo, mientras que si el parámetro tiende a cero, el ajuste será más lento⁶⁷. Este parámetro se puede estimar mediante un modelo regresivo de orden uno del tipo:

$$S_t = S_{t-1} - k * (S_{t-1} - E(S)) + \varepsilon_t$$

El parámetro m puede ser estimado por la media histórica de los datos de S , aunque también podrían aplicarse modelos más sofisticados.

⁶⁷ Villalpando, L.: "Simulación de Precios del Petróleo Brent", 2007.

De este modo, debe comprarse el Movimiento Browniano Geométrico con Modelos de Reversión a la Media con tendencia, de forma de analizar a cuál de estos modelos se ajusta mejor el precio commodities en estudio.

II. Análisis de los estadígrafos

Para responder la pregunta ¿cuán bajo debe ser el valor del estadígrafo para que sea considerado un buen ajuste? es posible utilizar los siguientes indicadores: i) **valor de probabilidad (p-value)** representa la probabilidad de que el intervalo de confianza contenga al verdadero valor. Mientras más cerca de cero está este indicador, menor es el nivel de confianza de que la distribución podría haber generado el set de datos original. Por el contrario, mientras más se acerque a 1, no existe base para rechazar la hipótesis de que la distribución ajustada generó realmente el set de datos original; ii) **Valor crítico** representa el mayor valor del estadígrafo que – dado un nivel de confianza predefinido – es posible aceptar como ajuste válido. De esta forma, se rechazan todos aquellos ajustes cuyo valor del estadígrafo Chi cuadrado es mayor que el valor crítico y se aceptan todos aquellos cuyo Chi cuadrado es menor.

III. Ejemplos

a. Ejemplo 1

Para la simulación con este tipo de modelo se toma un precio S de partida, por ejemplo en el caso de la papa un valor de precio inicial de $S_0 = 79.097$, luego se calculan μ y σ^2 a partir de los datos históricos (con el promedio de las variaciones de precios y la varianza de dichas variaciones), en el caso de la papa estos valores fueron -0.08% y $19,9\%$. A continuación se genera un número aleatorio para el valor de ξ según una normal $(0,1)$. Con el procedimiento anterior se tienen todos los parámetros del modelo para calcular el siguiente precio S_T (en este caso S_1) como:

$$\ln S_t = \left[\ln(79907,5) + (-0,08\% - \frac{(19,9\%)^2}{2}) * T + 19,9\% \sqrt{T} \xi \right]$$

Con el primer número aleatorio generado para ξ , se obtuvo en Excel un valor de 69188,983 para S_1 , luego se aplica la misma ecuación para calcular S_2 en función de S_1 , μ y σ^2 y de un nuevo número aleatorio para ξ , y así sucesivamente.

b. Ejemplo 2

La Figura N°A.2 muestra una salida de una simulación de un proyecto, realizada con el software @Risk siguiendo el procedimiento antes descrito.

Figura N°A.2

Estadísticas de la simulación de un proyecto de Riego

Resultados	
Estadísticas generales	
Iteraciones	1.000
Media	5.262
Mínimo	-27.064
Máximo	88.004
Std Dev	12.105
Variance	146.537.800
Probab. VAN < 0	35,79%

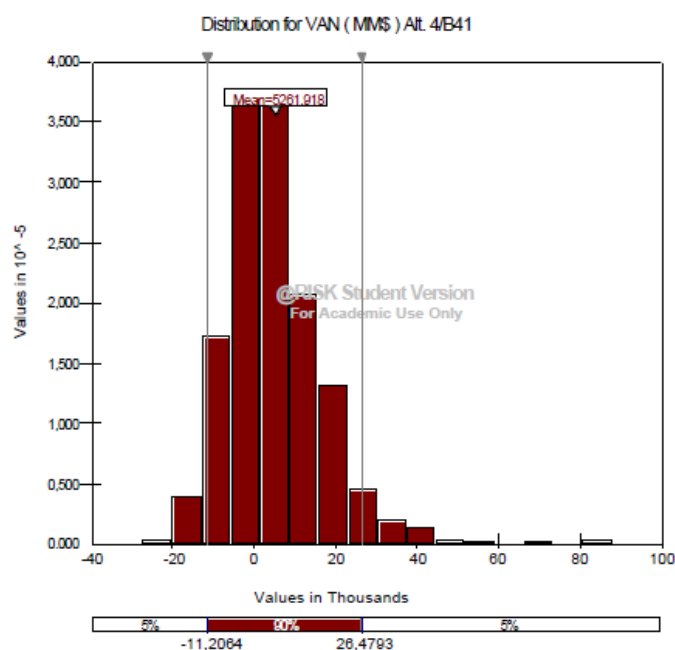
Fuente: Elaboración propia en base a "Estudio Análisis para el Mejoramiento del Proceso de Evaluación de Proyectos de Riego". Julio de 2007.

c. Ejemplo 3

Según estos resultados, el valor medio del VAN es de \$5.262 millones y la probabilidad de que el proyecto sea no rentable es de un 35,79%. El histograma que representa gráficamente los resultados anteriores se presenta a continuación:

Figura N°A.3

Histograma de la simulación con @Risk de un proyecto de Riego



Fuente: Elaboración propia en base a "Estudio Análisis para el Mejoramiento del Proceso de Evaluación de Proyectos de Riego". Julio de 2007.

d. Ejemplo 4

El software de análisis de riesgo @Risk permite realizar este análisis para las siguientes funciones de distribución (Cuadro N°A.4)

Cuadro N°A.4

Análisis para las siguientes funciones de distribución

Funciones de Distribución		
Beta General	Pareto	Binomial
Chi-Square	Pearson V	Error Function
Erlang	Poisson	Exponential
Extreme Value	Student's t	Gamma
Geometric	Uniform	Hypergeometric
Inverse Gaussian	Pareto2	IntUniform
Logistic	Pearson VI	Log-Logistic
Lognormal	Rayleigh	Lognormal2
Negative	Triangular	Normal
	Weibull	

Fuente: Elaboración propia en base a "Estudio Análisis para el Mejoramiento del Proceso de Evaluación de Proyectos de Riego". Julio de 2007.

APÉNDICE B. EFECTOS INDIRECTOS, SECUNDARIOS Y EXTERNALIDADES

Infraestructura vial

En proyectos hidráulicos de gran envergadura, en el costo de las obras civiles generalmente se incluye la construcción de un nuevo camino, modificaciones o mejoramientos de caminos ya existentes. En los casos en que la infraestructura también perjudique o favorezca a terceros no incluidos en el proyecto existe una externalidad asociada al proyecto, ya que aquellos afectados ven modificados sus costos generalizados de viajes. Dependiendo la naturaleza de los impactos del proyecto sobre la infraestructura vial, este efecto podrá considerarse secundario o bien una externalidad.

Asentamiento Humano

Este efecto se produce por la población que se instala debido al proyecto o por aquella que no emigra debido a que el proyecto genera nuevas fuentes de empleo en el lugar de su emplazamiento (aumento de la actividad económica). Los nuevos empleos corresponden a un costo directo (primario) ya contemplados entre los costos del proyecto y el beneficio de una menor cesantía está expresado en una corrección del costo privado de contratar mano de obra por un factor de ajuste a valor social menor a uno.

La mayor actividad económica producto del proyecto, afecta a diversos mercados muchos de los cuales son proveedores del proyecto y por tanto ya han sido considerados entre los costos del mismo. En la medida en que en cada una de las actividades no existan distorsiones o no se afecten los precios, no existirían efectos económicos reales.

Nivel freático

En el caso de las obras hidráulicas como embalses y canales se puede producir un efecto positivo de recarga del nivel freático actual dependiendo de las condiciones de la napa aguas abajo y del impacto de la obra de regadío y del riego mismo sobre dicha napa. Aguas arriba del embalse, el nivel freático de los terrenos puede ser modificado y traer consecuencias en la vegetación circundante, la capacidad de erosión del lecho del río o los caudales medios vertidos y, consecuentemente, afectar la factibilidad para que actividades antrópicas ocupen parte del lecho mayor del río.

Si el efecto es positivo, el proyecto estaría produciendo más agua destinada a no usuarios del proyecto (terceros que se ven afectados positivamente por la ejecución del proyecto), es decir, correspondería a una externalidad positiva del proyecto. Si el efecto es negativo, el proyecto estaría generando niveles de napa más profundos, afectando negativamente a la producción de los regantes aguas abajo, los que pueden ser o no usuarios del proyecto.

Efecto en pequeños agricultores

En el caso de los proyectos que proveen agua para riego, el aumento en la seguridad de riego puede inducir una mayor incorporación de tecnificación de riego, aumentado aún más los rendimientos agrícolas, especialmente en el caso de las grandes empresas agrícolas y agricultores con capacidad empresarial. El mayor desarrollo en el área de influencia del proyecto puede lograr que los pequeños agricultores que practican una agricultura tradicional tiendan a seguir las pautas de las grandes empresas citadas, intentando alcanzar una mayor tecnificación del riego e introduciendo otro tipo de productos.

Si es que el proyecto no consideró que el pequeño agricultor tendría beneficios, este "efecto demostración" se constituye en una externalidad del proyecto, cuyo beneficio no puede exceder el costo que hubiese significado incluir explícitamente en el proyecto una asistencia técnica y transferencia tecnológica a ese estrato de agricultores. No obstante, lo usual es incorporar este beneficio a través de medidas tales como la capacitación y los programas de fomento a la pequeña y mediana agricultura.

Efectos medio-ambientales

Las obras de infraestructura hidráulica implican significativos movimientos de tierra, rocas y materiales de diverso tipo y el uso, en muchas ocasiones, de maquinaria pesada. Todo ello origina contaminación de tres tipos: i) contaminación del aire por levantamiento de polvo; ii) contaminación sonora por el ruido causado por la ejecución de las obras y uso de maquinaria pesada y ruidosa; iii) contaminación visual por la alteración del paisaje natural y su reemplazo por obras físicas de enrocados, gaviones y otras.

Asimismo, las represas pueden crear una *industria de pesca*, y facilitar la producción agrícola en el área, aguas abajo del reservorio, no obstante, debido a los cambios en el caudal o temperatura del río, la degradación de la calidad del agua, la pérdida de los sitios de desove y las barreras que impiden la migración de los peces pueden afectarse los recursos productivos asociados a la pesca.

Las variaciones en el caudal de agua dulce, y por tanto, en la salinidad del estero, pueden cambiar la distribución de las especies y los modelos de reproducción de los peces. Las variaciones en la cantidad de alimentos y la calidad del agua del río, pueden tener efectos profundos para la productividad del estero.

El mayor *impacto para la fauna* se originará en la pérdida de hábitat, que ocurre al llenar el reservorio y producirse los cambios en el uso del terreno de la cuenca. Pueden afectar los modelos de migración de la fauna, debido al reservorio y el desarrollo que se relaciona con éste.

Las *actividades mineras* comprenden diversas etapas, cada una de las cuales conlleva impactos ambientales particulares. En un sentido amplio, estas etapas serían: prospección y exploración de yacimientos, desarrollo y preparación de las minas, explotación de las minas, tratamiento de los minerales obtenidos en instalaciones respectivas con el objetivo de obtener productos comercializables.

En la fase de exploración, algunas de las actividades con impacto ambiental son la preparación de los caminos de acceso, mapeos topográficos y geológicos, el montaje de campamentos e instalaciones auxiliares, trabajos geofísicos, investigaciones hidrogeológicas, aperturas de zanjas y pozos de reconocimiento, tomas de muestras.

La deforestación no solo afecta el hábitat de cientos de especies endémicas (muchas llevadas a la extinción), sino el mantenimiento de un flujo constante de agua desde los bosques hacia los demás ecosistemas y centros urbanos. La deforestación de los bosques primarios causa una rápida y fluida escorrentía de las aguas provenientes de las lluvias, agravando las crecidas en los periodos de lluvia debido a que el suelo no puede contener el agua como lo hace en presencia de las masas boscosas.

La *contaminación del aire* puede producirse por el polvo que genera la actividad minera. Por otro lado, suele haber emanaciones de gases y vapores tóxicos, producción de dióxido de azufre por el tratamiento de los metales y de dióxido de carbono y metano por la quema de combustibles fósiles y la creación de lagos artificiales detrás de los embalses hidroeléctricos destinados a proporcionar energía para los hornos de fundición y las refinerías.

Deterioro de otros valores de uso

Es el caso de: i) alteración de la cobertura vegetal por instalación de actividades en zonas con abundante vegetación natural; ii) modificación de aptitud de suelos por uso de terrenos con aptitud productiva en las actividades de construcción del proyecto; iii) alteración del hábitat de fauna terrestre y acuática; iv) alteración de sitios arqueológicos por la acción de maquinarias y trabajadores.

Alteraciones de la biodiversidad

La biodiversidad representa un valor para la sociedad y su pérdida puede representar un costo social neto que debe valorarse. El solo hecho de alterar la biodiversidad, si no tiene un efecto reparador de obras humanas anteriores, puede considerarse negativo en sí mismo, aun cuando su costo sea difícil de medir.

Al represar un río y crear una laguna, se cambia profundamente la *hidrología* y *limología* del sistema fluvial. Se producen cambios drásticos en el flujo, la calidad, cantidad y uso del agua, los organismos bióticos y la sedimentación de la cuenca del río. La descomposición de la materia orgánica en las tierras inundadas enriquece los alimentos del reservorio. Los fertilizantes empleados aguas arriba se suman a los alimentos que se acumulan y se reciclan en el reservorio. Esto soporta no solamente la pesca, sino también el crecimiento de las hierbas acuáticas.

Si el terreno inundado tiene árboles y no se limpia adecuadamente antes de inundarlo, la descomposición de esta vegetación agotará los niveles de oxígeno en el agua. Esto afecta la vida acuática, y puede causar pérdidas en la masa de peces. Los productos de la descomposición anaeróbica incluyen el sulfuro de

hidrógeno, que es nocivo para los organismos acuáticos y corroe las turbinas de la represa, y el metano, que es un gas de invernadero.

Las *partículas suspendidas que trae el río* se asientan en el reservorio, limitando su capacidad de almacenamiento y su vida útil. Muchas áreas agrícolas de los terrenos aluviales han dependido de los limos ricos en alimentos para sostener su productividad. Como el sedimento ya no se deposita aguas abajo, esta pérdida de alimentos deberá ser compensada mediante insumos de fertilizantes para mantener la productividad agrícola. La liberación de las aguas libres de sedimentos, relativamente, puede lavar los lechos, aguas abajo. Sin embargo, la sedimentación del reservorio produce agua de más alta calidad para riego, y consumo industrial y humano.

Los efectos adicionales de los cambios en la hidrología de la cuenca del río, deben incluir los *problemas de salinización* que tienen impactos ambientales directos y afectan a los usuarios aguas abajo.

Amenaza Sísmica

Los reservorios grandes pueden alterar la actividad tectónica. La probabilidad de que produzca actividad sísmica es difícil de predecir; sin embargo, se deberá considerar el potencial destructivo de los terremotos, que pueden causar desprendimientos, daños a la infraestructura de la represa, y la posible falla de la misma.

Costos inter-temporales de consumir hoy versus hacerlo en el futuro (implicancias intergeneracionales)

Los *valores de uso* se relacionan con la satisfacción que el individuo percibe por consumir directamente un bien; en tal sentido, aún no siendo consumidor directo del bien, es posible obtener satisfacción del mismo tanto por tener la opción de consumirlo en el futuro (valor de opción) o por desear que generaciones futuras mantengan la posibilidad de usarlo (valor de legado), o bien porque simplemente se valora su existencia (valor de existencia). El valor de (cuasi) opción surge cuando existe incertidumbre sobre la irreversibilidad de la decisión, por lo cual la protección del recurso puede justificarse por la relevancia del valor de opción implícito intertemporal.

En otro sentido, algunos autores⁶⁸ estiman que las personas perciben utilidad de determinado bienes aún cuando no los consuman. Por ejemplo, los gustos, motivaciones o preferencias hacen que las personas tengan disponibilidad a pagar por bienes aún cuando ni siquiera valoren la opción de uso en un futuro. Aún cuando este tipo de demandas sobre bienes ambientales, en términos de la intertemporalidad del consumo, no se reflejan en los precios de mercado, deben de ser tenidas en cuenta en el análisis costo-beneficio.

⁶⁸ Diamond, Peter A. y Jerry A. Hausman, "Contingent Valuation: Is Some Number Better than No Number?", Journal of Economic Perspectives. Fall 1994.

APÉNDICE C. PROPUESTA PARA EL LEVANTAMIENTO DE LÍNEA DE BASE

La línea de base es un instrumento para la adecuada formulación de la estrategia de intervención y posteriormente, para la realización de las evaluaciones correspondientes. Conceptualmente, es un instrumento metodológico que permite establecer la situación inicial de la unidad de estudio en los ámbitos y variables de intervención que interesan. Constituye parte del diagnóstico y permite identificar la brecha entre la situación inicial y los resultados mínimos esperados de la intervención y es la base para la modelación de la situación actual que da origen a la intervención para el logro de la situación deseada o esperada. Asimismo, es el parámetro sobre el cual se medirán los efectos o cambios en las variables seleccionadas para realizar la evaluación y para ello debe identificar claramente las dimensiones a considerar, los indicadores susceptibles de construir ellos, determinar las fuentes de información y establecer los medios de verificación de cumplimiento.

En relación a las evaluaciones ex post y de impacto, permite al investigador observar la incidencia y distribución de las variables que son consideradas pertinentes a incluir. No disponer de la línea base no permite estimar con certeza si la intervención realizada ha generado impactos en la población objetivo, permitiendo a la vez al investigador conocer la magnitud del mismo.

Propuesta de indicadores: enfoques

La línea de base debe ser lo suficientemente comprehensiva, como para permitir futuras evaluaciones ex post y de impacto lo más completas posibles. En este sentido, se recomienda aplicar dos enfoques complementarios: i) **enfoque productivo**: establece indicadores a partir de las actividades productivas (relacionadas a los usos del agua) en el área de análisis. Para ello, considerar los supuestos y rentabilidad de los predios según MP; supuestos y precios de la tierra según MVIT; supuestos y precios del agua según MA; ii) **Enfoque socio-económico**: establecer indicadores a partir de variables tales como demografía, pobreza, ingresos de la población, empleo, nivel educacional, salud, vivienda y habitabilidad. En Chile, la pobreza se mide a partir de la Encuesta CASEN, considerando, entre ellas, las siguientes variables: i) residentes del hogar; ii) vivienda; iii) educación; iv) salud; v) empleo e ingresos del trabajo; vi) otros ingresos.

Construcción del escenario contra-factual

El **Diseño Experimental** distribuye aleatoriamente la intervención entre los beneficiarios calificados, generando en este proceso de asignación grupos de tratamiento y de control comparables y estadísticamente equivalentes entre sí (suele considerarse la metodología de evaluación más sólida).

Su principal ventaja es la simplicidad de interpretación de los resultados, ya que los efectos del programa se pueden medir a través de la diferencia entre las medias de las muestras del grupo de tratamiento y el grupo de control. Sin embargo, la aleatorización de los participantes puede resultar poco ética y políticamente incorrecta. Además, el mismo diseño del programa o proyecto

puede imponer la inexistencia de grupo de comparación, como en el caso de los programas de cobertura completa. También, durante la ejecución del programa o proyecto los individuos pueden modificar algunas características que los identifican, contaminando los resultados.

El **Diseño Cuasi – Experimental** se utiliza cuando no es posible crear grupos de tratamiento y control a través de un diseño experimental (es no aleatorio). Por ello genera grupos de comparación que se asemejan al grupo de tratamiento al menos en las características observadas y aplica diferentes técnicas econométricas (comparación pareada, doble diferencia, variables instrumentales y comparaciones reflexivas) para estimar beneficios netos del programa o proyecto. Su ventaja principal es la utilización de datos existentes y por tanto pueden resultar menos costosos de implementar. Las desventajas tienen que ver con la menor confiabilidad de los resultados (dado que la metodología es menos sólida desde el punto de vista estadístico) y con la presencia del sesgo de selección.

El **Diseño No Experimental** se utiliza cuando no es posible seleccionar un grupo de control al azar o bien cuando no es posible identificar un grupo de comparación a través de las técnicas de las coincidencias o las comparaciones reflexivas. La confiabilidad de los resultados es generalmente disminuida debido a la menor solidez estadística de la metodología. Además, presenta complejidades estadísticas que exigen experiencia en el diseño de evaluación y análisis e interpretación de los resultados.

Utiliza diferentes técnicas econométricas: las Variables Instrumentales, los Modelos de Equilibrio General Calculable, las Comparaciones entre Países o Regiones y los Métodos de Control Estadístico. El **Sesgo de Selección** se observa cuando los participantes del programa difieren de los no participantes en características que el evaluador no puede observar y que afectan la decisión de participar en el programa y los resultados (Por ejemplo, los participantes pueden ser individuos que obtengan importantes beneficios del programa y por ello se encuentran muy motivados para participar de él. Lo mismo puede ocurrir pero en forma inversa). El **Sesgo Observable** podría incluir los criterios de selección mediante los cuales se elige un individuo por ubicación geográfica, asistencia a escuela o participación en el mercado laboral. Los **Sesgos No Observables** se refieren a capacidad individual, disposición al trabajo, vínculos familiares y el proceso subjetivo de selección de individuos.

La **Asignación Aleatoria** no elimina el sesgo de selección, pero lo equilibra entre las muestras de participantes y no participantes, por lo que se compensa al calcular la estimación de impacto medio.

La **Comparación Pareada** consiste en seleccionar a un conjunto de no participantes que en sus características esenciales sean comparables a los participantes. Ello se efectúa sobre la base de determinadas características seleccionadas estadísticamente.

El **Método de las Dobles Diferencias o Diferencias en Diferencias** compara los grupos de tratamiento y comparación antes (primera diferencia) y después de la intervención (segunda diferencia).

En las **Comparaciones Reflexivas** el modelo contrafactual se estructura sobre la base de la situación de los participantes del programa antes de la intervención. De este modo, los participantes son comparados con si mismos antes y después de la implementación del programa, constituyendo a la vez el grupo de tratamiento y de comparación. Este tipo de técnica es especialmente útil en evaluaciones de intervención integral. Su gran desventaja es que la situación de los participantes antes y después del programa puede modificarse en función de otras variables, por lo cual debe realizarse una cuidadosa identificación de las relaciones causales, a fin de identificar los factores externos que afecten los resultados.

Las **Variables Instrumentales** comprenden la identificación de variables que inciden en la participación en el programa, pero no en los resultados, dada la participación. Esto identifica la variación exógena en los resultados que es atribuible al programa.

Los **Modelos de Equilibrio General Calculable** intentan comparar los resultados en las situaciones observadas y contrafactual empleando simulaciones informáticas.

Las **Comparaciones entre Países o Regiones** representan el comportamiento de variables básicas en una muestra de regiones en los que se ha aplicado el programa, en relación al comportamiento de las mismas en los países en los cuales no se ha aplicado.

Los **Métodos de Control Estadístico** corresponden a regresiones que controlan las diferencias en las condiciones iniciales y en las políticas adoptadas en países o regiones en las que se ha implementado el programa.

Métodos de recolección de información

En las evaluaciones de impacto, es ideal que la información se recoja al menos antes y después de la intervención. Para ello, es usual el uso de diferentes métodos para la obtención de datos.

Los **Métodos Cuantitativos** dependen típicamente de instrumentos de recopilación de datos con muestras al azar y datos normalizados que entran en la categoría de respuestas predeterminadas. Asimismo, producen resultados que pueden fácilmente resumirse, comparar y analizar. Las evaluaciones que se basan en datos cuantitativos de muestras estadísticamente representativas son más adecuadas para evaluar la causalidad usando métodos econométricos o llegando a conclusiones que pueden generalizarse.

Los **Métodos Cualitativos** proporcionan valiosa información para comprender los procesos que existen detrás de los resultados observados y evalúan asimismo la percepción que tienen las personas acerca de su propio bienestar. Las principales técnicas son las entrevistas en profundidad, los métodos de observación y la

revisión de documentos y los **Métodos Participativos** aseguran la consideración de las perspectivas y opiniones de las partes interesadas.

Estas herramientas permiten conocer las condiciones a nivel local y las perspectivas y prioridades de las unidades de evaluación. Pueden utilizarse durante todo el proyecto para evaluar la forma en la cual los beneficiarios perciben los beneficios del programa (en este sentido, ofrecen una respuesta sobre la efectividad del proyecto durante su implementación).

El Cuadro N°C.1 muestra las principales técnicas para evaluar los beneficiarios y costos del análisis ex post.

Cuadro N°C.1

Comparación de métodos cuantitativo y cualitativo

Aspecto	Método Cuantitativo	Método Cualitativo
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Para evaluar la causalidad y llegar a conclusiones que puedan ser generalizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para entender los procesos, comportamientos y condiciones como son percibidos por grupos o individuos que se estén estudiando.
Instrumento de recopilación de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Cuestionarios estructurados, formales y prediseñados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas minuciosas y sin resultados previsibles. • Observación directa. • Documentos escritos (sin resultados previsibles, por ejemplo sobre cuestionarios, registros de programas y otros).
Toma de muestras	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras de probabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Muestras intencionales.
Metodología para el análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis con predominancia estadística. 	<ul style="list-style-type: none"> • Triangulación (uso simultáneo de varias fuentes y de varios medios diferentes de compilación de información). • Análisis sistemático de contenido. • Cúmulo gradual de datos basados en temas seleccionados.

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

APÉNDICE D. GUIA GENERAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE RIEGO

A continuación se presenta un guía general para valoración de infraestructura:

Antecedentes de origen del Proyecto: ubicación y tamaño del embalse; superficie de riego y seguridad de riego; número predios que beneficiaría la obra y tamaño promedio; capacidad de almacenamiento de agua.

Recuperación de costos: Identificar el mecanismo para la transferencia y reembolso del costo del Embalse.

Descripción agrícola de la Zona Actual del Proyecto:

Superficie regada y por regar: frutales, cultivos anuales y praderas naturales.

Estructura de propiedad de la tierra sin y con proyecto; estructura socioeconómica de los regantes.

Productividad agrícola: manejo agronómico, tecnología disponible y en uso actualmente, sin y con proyecto

Valor del suelo agrícola: seco y riego.

Derechos de aprovechamiento de aguas: valor de mercado y situación legal.

Costos de operación y mantenimiento sin y con proyecto: costos ordinarios de faenas de limpieza y despeje de canales y acueductos, mantenimiento de revestimientos y obras de arte, reparaciones menores en general, los sueldos y jornales del personal a cargo de la administración, energía y combustible necesarios en la explotación de las obras de mantenimiento de campamentos.

Flujos de producción sin y con proyecto: los datos de estimación de flujos netos deben indicar las fuentes de origen. Se propone obtener precios y rendimientos para rubros y cultivos con mercados establecidos regularmente de ODEPA, INE, BANCO CENTRAL (al menos).

Uso de fuentes oficiales: los datos de estimación de flujos netos deben indicar las fuentes de origen. Se propone en general. obtener precios y rendimientos para rubros y cultivos con mercados establecidos regularmente de ODEPA, INE, BANCO CENTRAL (al menos).

Para cultivos con comercialización principal a través de **mercados informales**, deben utilizarse fuentes secundarias como estudios o fuentes primarias mediante consultas directas a productores, siempre indicando las fuentes. Al respecto, INE, FIA, ODEPA disponen de estudios diversos sobre el manejo de los cultivos, así como de los respectivos estándares técnicos.

Deben aplicarse **criterios de realidad** para ajustar los estándares obtenidos de fuentes secundarias de información; tanto para rendimientos como para precios por tipo de productor y tecnología en uso. Los Censos Agropecuarios disponibles

en INE entregan información de rendimientos de los cultivos en Chile por región y superficies bajo riego y sin riego.

Modelo de trabajo: disponer de un técnico o profesional en la zona del proyecto que avale las estimaciones y constate en terreno: estado de la infraestructura de embalses y canales, producción agrícola, estado y edad de las plantaciones y/o cultivos, así como cualquier otro antecedente no disponible por las fuentes oficiales.

La **observación directa** junto al **levantamiento de información primaria** por parte de informantes clave como son los regantes, administradores y productores mismos permitirán esgrimir una opinión técnica con fundamento.

En general, para una correcta evaluación a través de los diferentes métodos, debe procurarse la información presentada en los siguientes cuadros, según estudio "Análisis para el mejoramiento del proceso de evaluación de proyectos de riego. Sistema de evaluación ex – post de proyectos de riego"; Universidad de Chile, 2007.

Cuadro N°D.1

Variables de inversión y fuentes de información

Variable	Descripción	Institución responsable de entregar información
Costos de inversión	Expropiaciones Construcción de las obras Asesoría a ITO Medidas de compensación por impactos ambientales del proyecto	DOH (Departamento de Presupuesto / Departamento de Construcción)
Obras ejecutadas	Tipo de obras ejecutadas como parte del proyecto y volumen de obras ejecutado.	DOH (Departamento de Construcción o Dirección Regional)
Plazos de ejecución del proyecto	Fecha de inicio del contrato. Fecha de inicio de las obras Fecha inicio y término principales etapas del proyecto Fecha de recepción provisoria de las obras Fecha de recepción definitiva de las obras	DOH (Departamento de Construcción o Dirección Regional)
Tamaño del proyecto	Capacidad de acumulación del embalse; Capacidad de captación de bocatomas; Capacidad de porteo de los canales (caudal de diseño definitivo)	DOH (Departamento de Construcción o Dirección Regional)

Cuadro N°D.2

Variables de operación y fuentes de información

Variable	Descripción	Institución responsable de entregar información
Volumen acumulado y caudal entregado	Corresponde al aumento de oferta de agua generado por el proyecto. Dependiendo del tipo de proyecto corresponde al volumen de agua acumulado y/o volumen entregado en los meses de la temporada agrícola.	<u>DFL N° 1.123/81</u> - DOH - Asociación de canalistas / Junta de Vigilancia <u>Ley de Concesiones OO. PP.</u> Empresa concesionaria
Asistencia técnica a los agricultores y Asistencia crediticia a los agricultores	Gasto en asistencia técnica corresponde al gasto contable destinado a tales labores identificar tipo de asistencia entregada (organización de usuarios o transferencia tecnológica). Gasto en asistencia crediticia corresponde al monto destinado y número de agricultores beneficiados con asistencia crediticia.	INDAP (agricultores pequeños) CORFO (agriculturas medianos y grandes)
Costos de operación y mantenimiento obra	Información de gastos contables estimados a la operación y mantenimiento de la obra,	<u>Ley N° 1.123/81</u> - DOH - Asociación de canalistas / Junta de Vigilancia <u>Ley de Concesiones OO. PP.</u> - Asociación de canalistas - Empresa concesionaria - Superintendencia de Valores y Seguros
Recuperación de costos (DFL N° 1.123/81)	Conocer el reembolso efectivo de los beneficiarios del Proyecto.	DOH / Tesorería General de la República.
Ingresos por venta de agua (Ley de concesiones)	En proyectos concesionados es importante conocer el comportamiento que presentan los ingresos por venta de agua o servicios prestados por el concesionario.	Empresa concesionaria / Superintendencia de Valores y Seguros / Asociación de canalistas.

Cuadro N°D.3

Variables de producción agrícola y fuentes de información

Variable	Descripción	Institución responsable de entregar información
Cambios en el nivel de renta de los agricultores	El objetivo principal de un proyecto de riego es incrementar el nivel de renta de los agricultores beneficiados por el proyecto, por cual se requiere información actual de: - Estructura de cultivos - Costos de producción - Rendimiento de los cultivos - Precio de venta	- INDAP - ODEPA
Superficie regada	Corresponde a la superficie que ve incrementada la oferta de agua, diferenciando entre la superficie con un mejoramiento de la seguridad de riego (superficie regada que incrementa su seguridad de riego) y superficie de nuevo riego (superficie de secano que pasa a riego). Ver tasa de incorporación de los regantes a lo largo del tiempo.	- INDAP - ODEPA/CIREN - SAG - INE - Junta de Vigilancia
Incorporación de tecnología	Identificar inversiones en riego intrapredial y/o cambio en los sistemas de riego.	- CNR - DGA - INDAP - DOH
Estructura de propiedad de la tierra	Analizar el impacto generado por el proyecto en la propiedad de la tierra del grupo beneficiario.	- INDAP - DOH - INE

Valor del suelo agrícola	La mayor oferta de agua que genera el proyecto incrementa el potencial productivo del suelo agrícola de la zona beneficiada por el proyecto, lo cual debiera reflejarse en un mayor valor de la tierra.	<ul style="list-style-type: none"> - DOH - Conservador de Bienes Raíces (CBR) - SII - ODEPA
Valor de los derechos de agua	En aquellos casos en que exista un mercado de agua eficiente revisar los precios de los derechos de aprovechamiento de aguas.	<ul style="list-style-type: none"> - DGA - DOH - Registro de Propiedades (CBR) - Juntas de vigilancia, regantes, usuarios.

Asimismo, será importante disponer de información sobre la totalidad de la superficie bajo riego sin y con proyecto, elaborados según antecedentes del estudio "Análisis para el mejoramiento del proceso de evaluación de proyectos de riego. Sistema de evaluación ex – post de proyectos de riego"; Universidad de Chile, 2007.

Cuadro N°D.4

Superficie con cultivos actuales y proyección de la situación con proyecto

Cultivos/Frutales/Otro	Superficie (ha)			Variación Porcentual	Superficie año n
	Sin Proyecto	Con Proyecto	Variación		
1					
2					
n					
Total					

Cuadro N°D.5

Superficie cultivada, por tipo agricultor y cultivo sin y con proyecto

	Grandes		Medianos		Pequeños		Total general	
Nombre Cultivo	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%	Hectáreas	%
1								
2								
n								
Total								

Cuadro N°D.6

Número de acciones y usuarios sin y con proyecto

Superficie de predios	Acciones		Usuarios	
	N °	%	N °	%
Menos de 2 H.R.E				
Entre 2 y 12 H.R.E.				
Entre 12.1 y 20 H.R.E.				
Entre 20.1 y 40 H.R.E.				
Entre 40.1 y 200 H.R.E.				
Total				

APÉNDICE E. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS EN PROYECTOS DE RIEGO

Estudios de Factibilidad

1. Trabajos complementarios de campo
2. Investigaciones básicas
3. Incidencias socioeconómicas de los proyectos individuales y del sistema
- 4 Demanda de agua potable
- 5 Demanda de agua industrial
- 6 Riego y planeamiento rural
- 7 Turismo y recreación
- 8 Regulación de los ríos y control de sedimentos y crecidas
- 9 Modelos matemáticos
- 10 Anteproyectos conceptuales de las obras hidráulicas
- 11 Selección de los proyectos básicos
- 12 Proyecto de riego
- 13 Evaluación económica de los proyectos y del sistema
- 14 Evaluación financiera de los aprovechamientos
- 15 Organización administrativa y aspectos legales e institucionales
- 16 Recomendación final

Sistema de aprovechamiento multipropósito de recursos hídricos

En este apartado se presentan, a título ilustrativo, los términos de referencia de un sistema de aprovechamiento de aguas cuyos propósitos principales son X, Y y Z.

El propósito de los estudios en este sistema será la formulación de un plan de aprovechamiento de los recursos hídricos en la zona A, con vistas a asegurar el abastecimiento de agua para los usos consuntivos de la industria, las poblaciones y el riego, y complementariamente generar energía eléctrica (si así fuera).

El plan debe incluir la elaboración de los proyectos generales de las obras previstas, los recaudos para licitar las mismas y el estudio de factibilidad técnico - económico - financiero que abarque la totalidad del programa propuesto, elaborado de acuerdo con las modalidades de los organismos financieristas.

El programa de trabajo de los estudios deberá incluir por lo menos los siguientes puntos:

Trabajos complementarios de campo

1.1 Estudios topográficos

- a) Relevamiento de los vasos. Por restitución aerofotogramétrica con triangulación de apoyo con curvas a nivel de equidistancia igual a 5 metros.
- b) Complementación del relevamiento planialtimétrico en las áreas donde se ubicarán los acueductos y los sistemas de riego.
- c) Alineación de las presas; incluyendo zonas de implantación de centrales, desvíos, vertederos, campamentos y caminos de acceso.
- d) Relevamiento de detalle de las zonas de yacimientos de materiales.
- e) Enlace y vinculación de las perforaciones del plan de trabajo de mecánica de suelos.
- f) Relevamiento de los cauces y perfiles longitudinales de los ríos en los tramos especiales.
- g) Relevamientos expeditivos de reubicación de caminos, vías férreas y otras obras de infraestructura.
- h) Complementación del conocimiento catastral.

1.2 Estudios hidrográficos e hidrológicos

- a) Secciones transversales de los ríos.
- b) En el eje de las presas.
- c) Cada 300 m aguas abajo hasta una distancia de 3 Km.;
- d) Secciones a 100 y 300 m aguas arriba;
- e) Secciones a cada kilómetro aguas arriba de las presas a lo largo del vaso o máximo embalse.
- f) Determinaciones y registros complementarios:
 - (1) Velocidades y distribución de la corriente en el eje de las presas y 300 m aguas arriba y aguas abajo.
 - (2) Determinaciones físico - químicas de calidad.
- g) Complementación de estudios de hidrología superficial y sedimentológica.
- h) Complementación de estudios de hidrogeología:
 - (1) Perforaciones;
 - (2) Estudios hidrodinámicos;

(3) Determinación de reservas

1.3 Trabajos de mecánica de suelos

- a) Análisis detallado y sistematización de toda la información existente.
- b) Perforaciones a lo largo de los ejes de la presa.
- c) Perforaciones para muestras inalteradas.
- d) Perforaciones para ensayos de permeabilidad con cajas filtrantes.
- e) Estudios de yacimientos de suelo y roca.
- f) Estudios para determinación de agregados.
- g) Relevamientos de las superficies de la roca por métodos geofísicos.
- h) Determinaciones sismológicas.
- i) Estudios de las subrasantes de las obras a reubicar y de los materiales para construirlas en su nueva traza

1.4 Estudios edafológicos

- a) Recolección de información básica.
- b) Fotointerpretación de áreas de influencia de los proyectos:
- c) Análisis fisiográfico
- d) Principales paisajes
- e) Análisis de los elementos.
- f) Trabajos de campo de correlación. Perforaciones y calicatas.
- g) Mapa de aptitud de uso de los suelos (escala de trabajo 1: 50000)

Investigaciones básicas

2.1 Cartografía

2.2 Climatología

- a) Climas y microclimas.
- b) Regímenes de temperatura.
- c) Regímenes de humedad.
- d) Evaporación y evapotranspiración.
- e) Precipitación.

f) Intensidad de las precipitaciones.

g) Análisis meteorológico sinóptico.

2.3 Hidrología

a) Estudios de carácter general:

b) Revisión y contraste de la información básica disponible;

c) Investigación hidrológica de los afluentes;

d) Evaluación de caudales sólidos.

e) Informaciones de entrada para los modelos de operación de las presas y estocásticos.

2.4 Geología y sismología

2.5 Evaluación de los trabajos complementarios de campo

2.6 Ensayos de laboratorio.

2.7 Demografía

Incidencias socioeconómicas de los proyectos individuales y del sistema

3.1 Delimitación de los espacios económicos alcanzados por los proyectos

3.2 Encuadre de los proyectos dentro del plan nacional o regional de desarrollo

a) Funciones y finalidades de las obras.

b) Planes de desarrollo agropecuario

c) Programas de desarrollo industrial.

d) Repercusiones del proyecto sobre los ingresos y egresos fiscales.

Demanda de agua potable

4.1 Análisis de la situación actual

4.2 Estudio de población

4.3 Nivel de eficiencia del suministro

4.4 Demanda de eficiencia actual y proyectada

4.5 Evaluación teórica de la demanda

a) Doméstica.

b) Comercial.

- c) Pública.
- d) Pérdidas.

Demanda de agua industrial

5.1 Análisis de la situación actual

- a) Pequeña y mediana industria.
- b) Grandes consumidores.
- c) Fuentes actuales de suministro.

5.2 Localización de parques industriales

- a) Tipos de industrias.
- b) Evolución previsible.
- c) Fuentes alternativas de abastecimiento.

5.3 Evaluación teórica de la demanda de agua para industrias

Riego y planeamiento rural

6.1 Áreas locales regables

6.2 Estudio del potencial agroecológico

- a) Estudio agroclimático.
- b) Selección ecológica de cultivos.
- c) Restricciones actuales.
- d) Nivel económico actual de los empresarios agrícolas.
- e) Infraestructura agrícola.
- f) Análisis estático de la zona.
- g) Análisis dinámico de la zona.
- h) Análisis de mercado para los productos agropecuarios
- i) Clasificación de los productos según sus usos.
- j) Calendario agrícola de los productos.
- k) Información complementaria para la producción agroecológicamente factible.
- l) Determinación de la curva de consumo para cada producto.

- m) Análisis del régimen de precios.
- n) Conclusiones del estudio de mercado.

6.3. Selección económica de cultivos

- a) Optimización de las dotaciones de riego
- b) Análisis de la explotación agrícola tipo

Turismo y recreación

7.1 Aptitud y características de los sitios

7.2 Estudios del mercado del turismo

7.3 Programa de actividades y planeamiento de las áreas

Regulación de los ríos y control de sedimentos y crecidas

8.1 Características de los ríos

8.2 Características granulométricas

8.3 Arrastre de fondo

8.4 Efectos de los embalses sobre el transporte de sedimentos

8.5 Control de las ondas de crecidas

8.6 Efectos aguas abajo de los controles de sedimentos y crecidas

Modelos matemáticos

9.1 Modelo matemático

9.2 Simulación propuesta de carácter hidrológico

- a) Necesidad del análisis hidrológico de las cuencas superiores.
- b) Simulación.
- c) Evaluación de los datos de entrada.

9.3 Cálculo de las curvas de remanso

9.4 Modelo de operación de los embalses

- a) Fases de operación.
- b) Condiciones de Optimización.

9.5 Puentes y vinculaciones terrestres

9.6 Diques laterales de tierra

9.7 Consolidación e impermeabilización de las fundaciones

9.8 Procesos constructivos. Diseño y memoria

9.9 Programas de construcción, por proyecto y por sistema

Anteproyectos conceptuales de las obras hidráulicas

10.1 Criterio directriz en la determinación de alternativas

- a) Alineación de presas.
- b) Ubicaciones relativas de los elementos.
- c) Alturas de presa.
- d) Capacidad instalada.
- e) Tipos de estructura.
- f) Conducciones industriales.
- g) Ubicación y dimensionado de dispositivos hidromecánicos.
- h) Procedimientos constructivos.
- i) Formulación de los proyectos conceptuales alternativos
- k) Optimización del proyecto
- l) Criterios de Optimización
- m) Vinculación con los modelos matemáticos.
- n) Procedimientos de Optimización.
- ñ) Criterios de selección de los óptimos.

Selección de los proyectos básicos

11.1 Presas

- a) Materiales.
- b) Obras temporales de desvío.
- c) Vertederos.
- d) Obras accesorias y complementarias.

11.2 Conducciones industriales y acueductos

11.3 Centrales de energía

- a) Equipamiento seleccionado.

- b) Distribución en la central.
- c) Estudios estructurales.
- d) Selección de turbinas y estudios económicos.
- e) Diseño de tomas y restituciones.
- f) Canales de fuga.

Proyecto de riego

12.1 Programación

- a) Selección económica de los cultivos.
- b) Optimización de las dotaciones de riego.
- c) Caudales a derivar para riego.
- d) Tamaño y composición de la explotación tipo y sus variantes.
- e) Localización y parcelamiento de los predios teniendo en cuenta el mapa de suelos.
- f) Análisis y programación de la unidad productiva tipo y sus variantes.
- g) Determinación de la modalidad más conveniente de localización de las viviendas familiares
- h) Diseño de núcleos urbanos.
- i) Vías de acceso y penetración.
- j) Anteproyectos de obras
- k) Obras hidráulicas de compensación y derivación.
- l) Obras de toma y aforo.
- m) Anteproyecto de canales matrices y principales.
- n) Protecciones de márgenes y laderas.
- ñ) Anteproyecto de redes de riego.
- o) Red de desagües y drenaje.
- p) Equipo de bombeo.

Evaluación económica de los proyectos y del sistema

13.1 Fundamentos básicos. Evaluación social

- 13.2 Procedimientos e índices de evaluación
- 13.3 Costos de oportunidad
- 13.4 Precio - sombra de las divisas.
- 13.5 Precio - sombra de la mano de obra.
- 13.6 Interés de actualización.
- 13.7 Prueba de oportunidad de cada uno de los proyectos
- 13.8 Período de evaluación
- 13.9 Determinación de los beneficios de los proyectos
- 13.10 Beneficios del riego
- 13.11 Combinación de cultivos y tamaño de la explotación agrícola.
- 13.12 Rentabilidad de los predios.
- 13.13 Abastecimiento de agua potable e industrial.
- 13.14 Producción de energía eléctrica.
- 13.15 Control de sedimentos.
- 13.16 Control de crecidas.
- 13.17 Recreación y turismo.

Costo de la inversión

- 14.1 Tamaño de los aprovechamientos hidráulicos individualmente y en conjunto.
- 14.2 Determinación de la inversión asignable a cada uno de los propósitos múltiples.
- 14.3 Cronograma de ejecución de los aprovechamientos.
- 14.4 Costos de operación:
 - a) Costos fijos, financieros, depreciación y seguros;
 - b) Gastos de operación y mantenimiento.

Resultados de los índices de evaluación

Análisis de estabilidad de los resultados

Evaluación financiera de los aprovechamientos

- 17.1 Análisis financiero del sistema de obras

- a) Origen de los fondos: propios o de terceros
- b) Costos de los fondos propios;
- c) Origen de los fondos propios.
- d) Fondos generados por el proyecto.
- e) Fondos de terceros.

Capacidad de pago de los productores agropecuarios

- 18.1 *Calendario de beneficios por tipo de parcela.*
- 18.2 *Presupuesto para las distintas parcelas tipo.*
- 18.3 *Asignación para mantenimiento del productor y familia.*
- 18.4 *Cuenta de caja de las distintas parcelas.*
- 18.5 *Capacidad de financiamiento externo a la unidad productora.*

Programa financiero de la operación del proyecto

- 19.1 *Proyección del cuadro de resultados del Ente Administrador.*
- 19.2 *Proyección de los estados financieros patrimoniales. Fuente y usos de fondos.*
- 19.3 *Prueba de consistencia de las proyecciones financieras.*
- 19.4 *Análisis de la capacidad de pago en términos del balance de pagos.*

Análisis de estabilidad de los resultados

- 20.1 *Régimen de tarifas y tasas*

Organización administrativa y aspectos legales e institucionales

- 21.1 *Organización del Ente Administrador*
- 21.2 *Análisis de la experiencia existente*
- 21.3 *Organización del Ente en la etapa de ejecución de las obras.*
- 21.4 *Organización del Ente en la etapa de explotación.*

Estudio de los aspectos legales e institucionales

- 22.1 *Problemas relativos a la construcción de las obras.*
- 22.2 *Problemas relativos a la explotación de los proyectos.*

APÉNDICE F. ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS POR EL MÉTODO DEL VALOR DEL PRODUCTO MARGINAL

Este método es de amplia difusión en riego por la relativa facilidad de aplicarlo, aunque es altamente sensible a pequeñas variaciones en los supuestos y especificaciones relativas a los rendimientos y precios de los insumos. Asimismo, si se omite algún atributo o insumo, erróneamente se asignarán mayores beneficios al agua, sobrestimando su valor o precio sombra⁶⁹. Por otra parte, es importante tomar en cuenta que en el largo plazo todos los insumos son variables, pero en la práctica lo que se supone es que algunos de los factores están fijos, lo que indica que se está trabajando con funciones de corto plazo. Los resultados son diferentes en ambos casos, y se debe tener en cuenta potenciales variaciones en las dos estimaciones.

La disponibilidad de más agua permite que los agricultores aumenten su producción. El beneficio de tener más agua está dado por el valor social de la producción agrícola adicional: diferencia entre los excedentes agrícolas de las situaciones CP y SP, estimados sobre la base de las proyecciones de precios y rendimientos por hectárea. Para ello, se debe disponer de datos agronómicos y de mercado de los cultivos correspondientes a las situaciones CP y SP: patrones de cultivo, rendimientos y producción por hectárea. Esta forma de identificar los beneficios asociados a un proyecto de riego se basa en que la demanda de agua es una demanda derivada.

El agricultor como demandante de agua

Suponiendo un producto agrícola X, cuya producción requiere agua cruda y otros insumos, entonces:

$$Q(x) = f(A, iii)$$

Donde:

Q(x) es la cantidad producida del bien x;

A es la cantidad de agua utilizada en la producción del bien x;

iii son otros insumos de producción;

El productor está dispuesto a demandar el agua hasta el punto donde se encuentra la siguiente relación:

$$VPMgA(x) = P(x) = CMgA(x)$$

⁶⁹ Tal es el caso por ejemplo mano de obra familiar, que por no ser pagada no se valoriza como insumo sin considerar su costo de oportunidad y las diferentes "distorsiones" de mercado (impuestos, subvenciones y políticas de protección comercial) que hacen que los precios de los insumos no reflejen su verdadero valor (costo) social.

Dónde:

VPMgA(x) es el valor del producto marginal del agua en la producción del bien x^{70} ;

P_x es el precio del bien x;

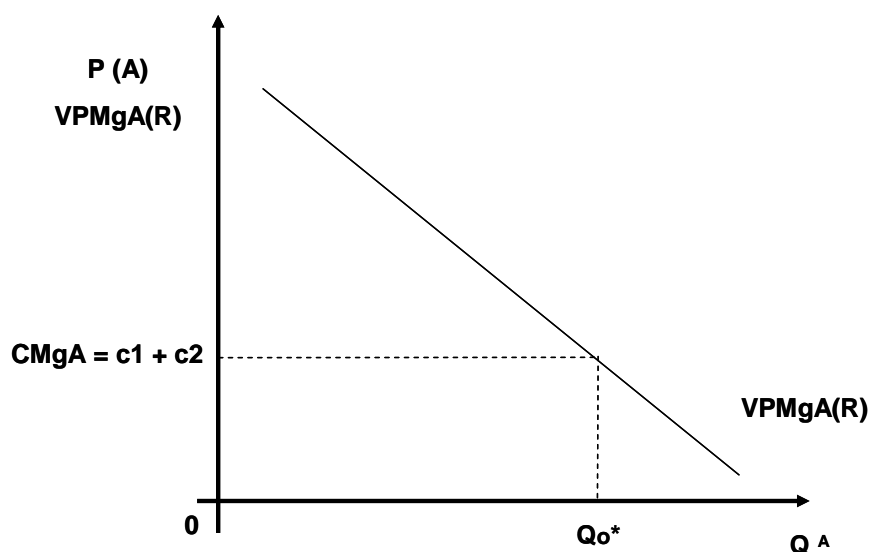
CMgA(x) es el costo marginal del agua en la producción del bien x;

El CMgA consta de dos partes: i) el costo marginal de la obtención de cada unidad de agua (**c1**) o una porción de costo adicional; ii) el costo marginal de la aplicación (**c2**) o el costo intrapredial.

La magnitud del primer componente **c1** depende de la fuente de abastecimiento (superficial o subterráneo), ya que cada una de ellas tiene diferentes costos. La magnitud de **c2** depende del sistema de aplicación utilizado por el usuario. El resultado de un productor individual está representado en la Figura N°F.1. El productor demanda la cantidad de agua Q_0^* por unidad de tiempo bajo los supuestos que: i) la cantidad está determinada por su valor en el proceso de producción; ii) la cantidad depende de los costos para obtener cada unidad adicional de agua (c_1 y c_2 respectivamente).

Figura N°F.1

Demanda de agua de equilibrio del productor agrícola



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

Este esquema de razonamiento se utiliza para determinar la cantidad demandada de cualquier tipo de demanda. Sin embargo, en el caso particular del agua, puede haber características que se apartan de este marco general

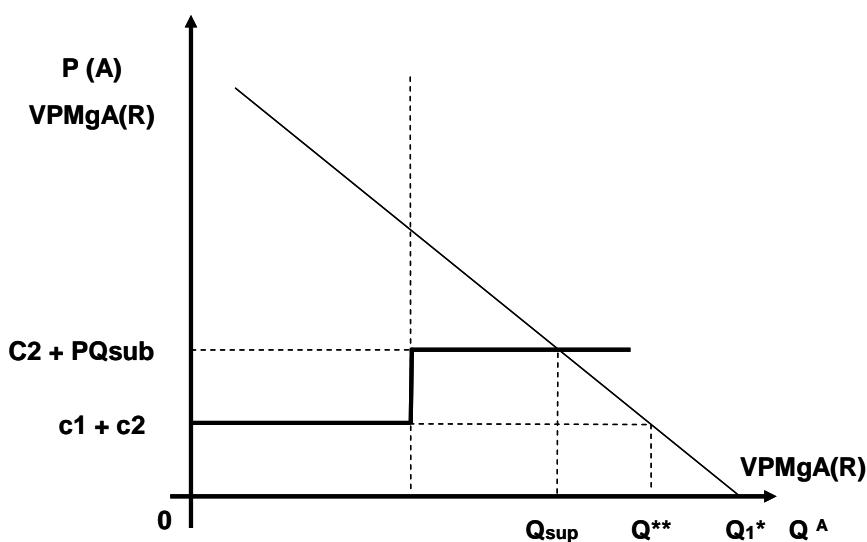
⁷⁰ El VPMgA puede obtenerse de la función de producción, derivando el producto total respecto a cantidades adicionales de agua, lo que determina la función de producto marginal, la cual debe multiplicarse por el precio del bien para obtener la función del valor del producto marginal.

dado que la cantidad recibida por cada agricultor depende de los derechos de aprovechamiento que posee y del flujo hídrico si éste no se encuentra regulado⁷¹.

La restricción cuantitativa indica que el usuario debe cumplir con la cantidad de agua superficial que recibe. En algunos casos es posible asistir a otra fuente de suministro del recurso, como son las fuentes subterráneas. La Figura NAF.2 muestra este segundo caso. En la figura **PQsub** representa el costo de una unidad adicional de agua subterránea (este costo se asocia al volumen utilizado ya que se necesita para construir y operar un pozo, además de incurrir en el costo de la electricidad para la extracción; ello significa que **c1** tiene el valor de esta variable). **Qsup** es el volumen de agua superficial que utiliza el agricultor (cuyo costo marginal de producción incluso puede ser cero, si el pago no depende del servicio que consume). El tramo **Q** - Qsup** representa el uso de las aguas subterráneas utilizada para complementar el riego superficial. Dado que utilizar el agua de superficie no es una restricción (cantidad, calidad y oportunidad), el productor añade su dotación de agua subterránea, lo que resulta más costoso por unidad. Por esta razón, utiliza **Q****, menos unidades de agua respecto a si no hubiere restricciones (**Q1***).

Figura NAF.2

Demanda de agua en equilibrio del productor agrícola con abastecimiento complementario



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

I. El productor como oferente de productos agrícolas

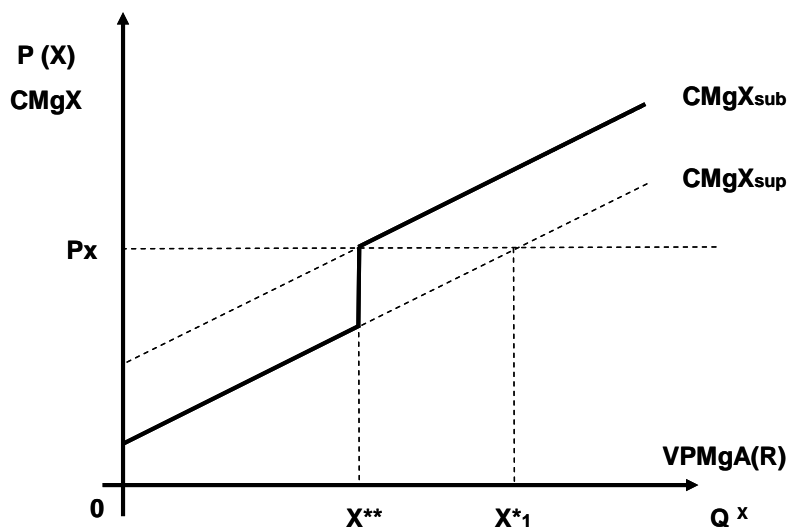
La conducta del productor, determinada por sus restricciones de agua cruda, tiene consecuencias directas en la producción. Así, menor uso de agua dará lugar a niveles de producción más bajos. Incluso, la restricción puede inducirlo a dejar algunas hectáreas de secano. Suponiendo que son tomadores de precios

⁷¹ En tal caso, $c1 = 0$.

en el mercado agrícola, los productores enfrentan una curva de oferta **CMgXsup**, que representa el costo marginal de producir el bien X cuando usa agua superficial con una restricción cuantitativa⁷². Por ello, si opera una restricción de agua superficial, desplaza su curva de oferta a **CMgXsub**, que refleja el mayor costo unitario de agua subterránea. En dicha circunstancia, produce **X****, una cantidad menor a la que habría producido sin restricción (**X*1**) y vende a P_x ⁷³ (Figura NAF.3).

Figura NAF.3

Oferta de equilibrio del productor agrícola



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

II. Efectos del proyecto sobre los "precios" del agua y de los productos agrícolas

El desarrollo del proyecto causa dos efectos: i) **ahorro de costos (c1)**, porque el productor deja de bombear aguas subterráneas; ii) **reducción de costos (c2)** por la disminución de los costos de *transporte y distribución* del agua; por las *mejoras en el sistema de riego* (menores gastos de reparación y limpieza de canales) y por los *menores costos de producción* (el usuario dispone del agua en el momento que la necesita y puede cambiar su sistema de riego hacia uno más eficiente). El segundo componente es capturado de inmediato por el usuario mientras que el primero depende del sistema de tarifas vigente.

En la Figura NAF.4 se observan los citados efectos; en la situación Con Proyecto el agricultor demanda Q_{cp} de agua, mayor que Q^{**} , ya que puede obtener y aplicar agua a un costo marginal más bajo debido a la reducción de $c1$ y $c2$ a $c1'$ y $c2'$, respectivamente. La magnitud de la mejora en el flujo significa que el

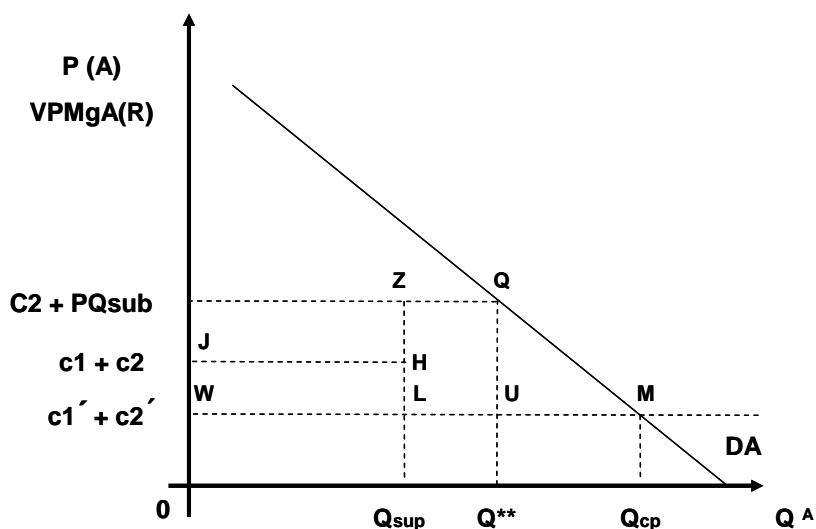
⁷² En este costo, además de $c1$ y $c2$ deben sumarse los correspondientes a los otros insumos utilizados en la producción.

⁷³ Los niveles de producción X^{*1} y X^{**} son los correspondientes a las cantidades demandas Q^{*1} y Q^{**} , respectivamente.

productor tiene suficiente agua superficial para satisfacer toda su demanda de esa forma. El aumento en el consumo de agua desde Q^{**} a Q_{cp} implica un beneficio para el país debido a que al aumentar la cantidad de agua utilizada, los agricultores producen más bienes.

Figura NAF.4

Demanda de agua CP de equilibrio del productor

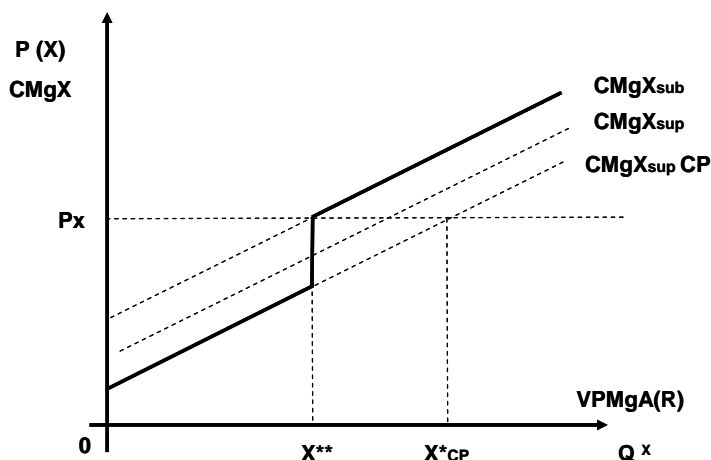


Fuente ambas figuras: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

El valor de esta producción adicional está dada por el área bajo la curva de demanda de agua, entre las cantidades Q^{**} y Q_{cp} . En la nueva situación CP se produce **X_{cp}** , que es una cantidad superior a la obtenida SP. Esta producción se asocia con **Q_{cp}** en la Figura NAF.5.

Figura NAF.5

Oferta CP de equilibrio del productor



Fuente ambas figuras: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

La producción adicional implica una serie de costos de compra de insumos (semillas, mano de obra, fertilizantes, pesticidas, arriendo de maquinaria, salarios) y también es probable que se adquieran y/o construyan otros bienes durables como galpones y maquinaria. Dichos costos son legítimamente atribuibles al proyecto y por ello deben ser cargados en la situación CP. Asimismo, deben ajustarse los beneficios en función del momento esperado en el cual se materializarán; es decir, éstos se producen gradualmente a medida que los usuarios adaptan sus sistemas de riego.

APÉNDICE G. ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS POR EL MÉTODO DEL VALOR INCREMENTAL DE LA TIERRA

El beneficio directo del proyecto de riego corresponde al incremento del valor neto de mercado del valle beneficiado, el cual cambia su estructura de cultivos. El beneficio vía incremento de precios de la tierra es privado y social; en términos privados, el incremento de precios es instantáneo; incluso, se produce parcialmente con el solo anuncio o conocimiento público de que el proyecto se realizará. Esta alza de precios afecta a la totalidad del valle beneficiado, independiente de las decisiones productivas de cada agricultor en particular, ya que el mercado fija su precio sobre la base de las expectativas o potencialidades productivas.

Desde el punto de vista privado, el precio de mercado de la tierra equivale al valor presente de los beneficios futuros agrícolas, descontados a la tasa de descuento privada pertinente para el nivel de riesgo de dicha actividad:

$$PTierra = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t}$$

Desde el punto de vista social en cambio, lo relevante son los flujos de los beneficios netos agrícolas efectivos y no potenciales, ya que el beneficio bruto social es el incremento de consumo o la mayor disponibilidad de divisas producto de la producción adicional generada por el proyecto. Si los agricultores demoran tres años en incorporar el riego a sus actividades productivas, durante ese lapso, la producción en las situaciones SP y CP es igual y por lo tanto, no existe incremento del excedente agrícola que determine el beneficio social (no obstante, "privadamente" el precio de la tierra subió y cada agricultor beneficiario es "más rico" pues su tierra vale más). Atento a ello, el MVIT no escapa a la necesidad de establecer una tasa de incorporación al riego para su evaluación social, tasa que debiera ser la misma utilizada por el MP.

En relación a la **tasa de descuento**, la evaluación social debe utilizar la tasa de descuento social, la que probablemente, diferirá de la tasa de mercado. Esto implica realizar un ajuste a los precios privados de la tierra para obtener los precios sociales de la tierra. En la medida que se trate de pequeños agricultores de subsistencia, este proceso puede encontrar dificultades y demoras adicionales, las que deben tenerse en consideración al momento de la evaluación. Asimismo, además de los beneficios directos indicados, dado que los beneficios del proyecto se estiman a partir de precios de mercado, en la evaluación social deben incorporarse todos los efectos secundarios, indirectos y externalidades.

Estimación del área potencial beneficiaria del proyecto

La aplicación de la metodología MVIT supone valorar las hectáreas agrícolas del área de influencia del proyecto tanto en la situación SP como en la CP. El área potencial corresponde a la zona de influencia del proyecto y se obtiene a partir de la clasificación de las tierras de la zona de interés en función de los actuales

sistemas de producción agropecuaria, tipo de suelo y disponibilidad y seguridad de agua para riego⁷⁴.

La clasificación de los terrenos del área de influencia en la situación CP implica un cambio en el uso agrícola de las tierras en función de la mayor disponibilidad y/o seguridad de agua para riego. Así se obtiene una nueva estructura de terrenos y de cultivos, como consecuencia que el proyecto elevó la categoría de los suelos, asociando así un mayor precio a la hectárea de terreno.

Esta actividad implica la realización de las siguientes acciones:

Clasificar la superficie del área de interés en función de la calidad del suelo agrícola (Figura N°G.1).

Combinar cada tipo de suelo clasificado con la disponibilidad de agua y seguridad de riego. Se deben distinguir las hectáreas según disponibilidad y tipo de derechos de aprovechamiento de agua (permanente o eventual) y de las hectáreas sin disponibilidad de agua para riego (tierras de secano).

Clasificar la estructura de cultivos de la zona de interés (frutales, cultivos multianuales, cultivos anuales y praderas naturales).

Figura N°G.1

Clasificación de terrenos agrícolas zona de estudio (hectáreas)

Tipo de Suelo	Tipo de riego	Tipo de cultivo
Grupo A1	Seguro	Frutales
Grupo A2	Eventual	Cultivos anuales
Grupo B1	Seguro	Cultivos multianuales
Grupo B2	Eventual	Cultivos anuales
Grupo B3	Sin riego	Sin cultivo
Grupo D1	Seguro	Cultivos anuales
Grupo D2	Eventual	Praderas naturales
Grupo D3	Sin riego	Sin cultivo
Total		

⁷⁴ Lo relevante para el evaluador cuando proceda a la aplicación del MVIT es que debe conocer al máximo el mercado de la tierra agrícola en el área de interés, bajo el supuesto de que éste se encuentra en equilibrio para definir la situación esperada o más probable. Esta aproximación empírica permite sintetizar a través de los tipos de cultivos observados, un conjunto de variables que inciden en dicha decisión: rentabilidades actuales y esperadas de los productos agrícolas, aptitud del suelo, niveles de riesgo y disponibilidad y seguridad de riego.

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

La información primaria se debe obtener a partir de las siguientes fuentes de datos (al menos): i) estudio/s de la cuenca de interés, de las fuentes de agua y zonas de riego asociadas que haya formulado la Comisión Nacional de Riego (CNR) u otro organismo público o privado; ii) estadísticas agropecuarias en el área de influencia del proyecto y contrastada con la información sobre derechos de aprovechamiento de agua obtenidos de la Dirección General de Aguas (DGA). Si se requiere complementar o validar las anteriores fuentes se deben realizar encuestas a los potenciales beneficiarios (agricultores).

I. Determinación precios de terrenos de la zona de influencia

Se deben determinar los precios de las tierras agrícolas de toda la zona de influencia del proyecto, tanto para la situación SP como CP. La clasificación de los terrenos del área de influencia en la situación SP se realiza sobre la base de la clasificación genérica de terrenos de la zona conocida.

A cada tipo de terreno y riego antes definido se le debe establecer su precio por hectárea, neto de inversiones para aislar completa y exclusivamente el efecto precio del atributo agua para riego. Los valores o precios serán netos de inversiones, esto es, al valor de transacción del terreno, se descuentan los valores de todas las inversiones puestas en él: infraestructura (bodegas y edificaciones), obras hidráulicas intra-predial, plantaciones de frutales, cultivos multi-anales. Además, se deben descontar los costos de oportunidad por el tiempo en que algunos cultivos no generan beneficios. Esta actividad requiere la aplicación de alguna de las tres técnicas que se desarrollan a continuación.

a. Método de las Transacciones

Debe disponerse de un número significativo de transacciones de terrenos agrícolas, que permita establecer los precios de mercado para los diferentes tipos de terrenos y riego. Para ello se sugiere el siguiente procedimiento: i) **identificación de transacciones**: la totalidad de las transacciones de títulos de tierra deben legalmente quedar inscritas en el Conservador de Bienes Raíces jurisdiccional con indicación de comprador y vendedor, precio de venta, superficie vendida, deslindes y otros antecedentes, con lo cual se dispone del universo de transacciones realizadas en el periodo de interés.; ii) **depuración de los precios de las transacciones**: Dado que lo que se inscribe es el título de dominio de la tierra (casco), no se especifica los contenidos en superficie como son construcciones, plantaciones y otros y la disponibilidad y seguridad de agua para riego. Para ello se requeriría acudir al Archivo Judicial y revisar la escritura de compraventa, donde, generalmente, se detalla dicha información, y /o hacer una visita a los predios identificados y entrevistar a sus dueños para obtenerla. De esta forma se podrá depurar del precio de transacción las inversiones en construcciones, infraestructura y plantaciones.

b. Método Indirecto

Una forma alternativa y complementaria de obtener el precio de la tierra es acudir a los Corredores de Propiedades, quienes a través de la experiencia

obtenida en su actividad diaria de compra y venta de terrenos agrícolas, poseen un conocimiento del mercado que los habilita para efectuar tasaciones de los diferentes tipos de tierra y riego asociado; también existen *Tasadores de Terrenos* que son profesionales especializados en esa actividad. Complementariamente la revisión y ordenamiento de los avisos de compra y venta de terrenos publicados en periódicos de la zona o de circulación nacional durante el periodo de interés, se puede extraer una base de precios para los diferentes tipos de terrenos. Este método entrega valores menos confiables que el método de las transacciones pero es de más fácil aplicación.

c. Método de Tasación Fiscal

Para fines impositivos, el Servicio de Impuestos Internos (SII) posee un catastro de los bienes raíces agrícolas en el cual se identifica el predio, el tipo de suelo y superficie, el avalúo del terreno, las construcciones y obras complementarias y datos específicos de las construcciones como son la superficie construida, año de construcción, número de pisos y destino, todo lo cual se refleja en su avalúo. La fortaleza de este método radica en que separa claramente lo que es el valor del terreno (casco) del valor correspondiente a las instalaciones y obras complementarias, lo que es fundamental para el objetivo buscado. Los valores de terrenos y construcciones se actualizan periódicamente de acuerdo a un vector de atributos y precios unitarios, con lo cual se busca mantener su valor real. Su debilidad radica en que se origina en tasaciones expertas (no precios de mercado), las cuales pueden no estar actualizadas.

En ausencia de información confiable de precios de los terrenos agrícolas en la zona de interés, se sugiere utilizar el Método de Tasación Fiscal dada su disponibilidad en medios computacionales y su universalidad, combinándolo con el Método de Transacciones, con el objeto de ajustar los diferenciales de precios del SII entre los diferentes tipos de terrenos y de riego a la realidad actual del mercado. Esto se puede lograr con una muestra relativamente reducida de transacciones de terrenos (Figura N°G.2, ejemplo).

Figura N°G.2

Precio de terrenos netos de inversiones

Tipo de Suelo	Precio por Hectárea (millones \$ / ha)
Grupo A1	6,5
Grupo A2	5,0
Grupo B1	5,3
Grupo B2	4,0
Grupo B3	1,5
Grupo D1	2,0
Grupo D2	1,2
Grupo D3	0,1

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

II. Cuantificación y valoración de beneficios

En la situación SP se definen para cada alternativa de tamaño de proyecto el área de influencia específica; es decir, la superficie que sería regada por el proyecto (Figura N°G.3).

A partir de los antecedentes de superficie por tipo de suelo y precios respectivos se obtiene el valor del área de influencia de la alternativa de tamaño que se está evaluando, el que corresponde al valor del valle en la situación SP. Figura N°G.4.

Figura N°G.3 Superficie sin proyecto

Tipo de Suelo	Superficie (Hectáreas)
Grupo A1	3.855
Grupo A2	5.345
Grupo B1	2.240
Grupo B2	6.850
Grupo B3	3.500
Grupo D1	2.800
Grupo D2	6.000
Grupo D3	5.500
TOTAL	36.090

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Figura N°G.4 Valor terrenos situación SP

Tipo de Suelo	VALOR (millones \$)
Grupo A1	25.058
Grupo A2	26.725
Grupo B1	11.872
Grupo B2	27.400
Grupo B3	5.250
Grupo D1	5.600
Grupo D2	7.200
Grupo D3	550
TOTAL	109.655

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

En la situación CP la mayor disponibilidad de agua y/o seguridad de riego provocará un ascenso de categoría en la clasificación de los terrenos agrícolas y un aumento en superficie regada en relación a la situación SP. De esta forma, para cada alternativa de tamaño se genera una nueva clasificación de terrenos que difiere de la existente en la situación SP (Figura N°G.5).

Figura N°G.5

Superficie terrenos situación CP

Tipo de Suelo	Superficie (Has)
Grupo A1	6.855
Grupo A2	2.345
Grupo B1	6.440
Grupo B2	5.050
Grupo B3	1.100
Grupo D1	6.800
Grupo D2	5.500
Grupo D3	2.000
TOTAL	36.090

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Como en el caso de la situación SP, en la situación CO mediante el mismo procedimiento anterior se obtiene el valor de los terrenos (Figura N°G.6).

Figura N°G.6

Valor terrenos situación CP

Tipo de Suelo	VALOR (millones \$)
Grupo A1	44.558
Grupo A2	11.725
Grupo B1	34.132
Grupo B2	20.200
Grupo B3	1.650
Grupo D1	13.600
Grupo D2	6.600
Grupo D3	200
TOTAL	132.665

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

El área de influencia o valle del proyecto, corresponde a la superficie agrícola que será afectada positivamente por el proyecto producto a la disponibilidad y/o seguridad de riego que tendrá. La definición del área de influencia se selecciona en función de los resultados de la evaluación socioeconómica, es decir, corresponderá a la alternativa de tamaño de embalse que maximiza el VAN el proyecto. Este resultado significa que se ha obtenido la combinación óptima entre el área de influencia y tamaño del embalse. Mediante un modelo de simulación matemático es posible evaluar cada alternativa o combinación y así encontrar dichos óptimos.

A partir de las superficies y precios por hectárea definidos para cada tipo de terreno de las situaciones con y sin proyecto, se procede a la estimación de los beneficios agrícolas del proyecto. Luego, el valor de los beneficios netos agrícolas del proyecto corresponderá al diferencial de los valores de los terrenos agrícolas de las situaciones CP y SP; es decir:

$$BN = \square [VTA]$$

Donde:

BN son los beneficios netos agrícolas que genera proyecto

□ **[VTA]** es el incremento de beneficios o precios de terrenos de la zona de influencia como consecuencia del proyecto.

El cálculo de la rentabilidad del proyecto requiere estimar los costos de inversión del proyecto, tanto extraprediales como intrapredial y el flujo de los costos de operación y mantención de la infraestructura de riego. Los costos del proyecto asociados a cada alternativa de proyecto se obtienen de los estudios de ingeniería respectivos o en parámetros de costos obtenidos de proyectos similares cuando el monto de la inversión no amerite gastos en ingeniería⁷⁵, esto es, de los estudios de ingeniería del proyecto (proyecto de embalse), de presupuestos y cotizaciones para proyectos medianos como (prolongación de canales de distribución) o de parámetros y coeficientes industriales para proyectos menores (apertura de un par de pozos).

⁷⁵ En materia de costos del sistema de riego, la metodología del Valor Incremental de la Tierra es idéntica a la del Método del Presupuesto, en cuanto no innova en esa materia.

APÉNDICE H. GUIA GENERAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE HIDROGENERACIÓN QUE AFECTAN LA OFERTA DE ENERGÍA EN EL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

En un proyecto de grandes magnitudes, que se espera afecte la oferta agregada de energía al Sistema Interconectado Nacional (SIN) la formulación del proyecto debe incluir una descripción de la infraestructura de producción disponible (capacidad de producción y operación) y la determinación de la condición de las instalaciones y su capacidad de operación. El análisis de la oferta competitiva debe incluir lo siguiente:

Fuentes de energía utilizadas actualmente y el volumen generado por cada fuente: i) producción de energía primaria a partir de petróleo crudo, gas natural, carbón, madera, energía nuclear, otras; ii) producción de energía primaria de fuentes renovables: eólica, hidroeléctrica, geotérmica, solar, mareomotriz; iii) importación y exportación de energía primaria y secundaria.

La **infraestructura** de las instalaciones de energía, para determinar su capacidad y estado actual de conservación (tipo de tecnología existente y el estado de conservación).

Operación y mantenimiento del sistema energético. Es decir, las técnicas utilizadas para generar energía, la eficiencia con la que actualmente representa los costes de producción, operación y mantenimiento realizados.

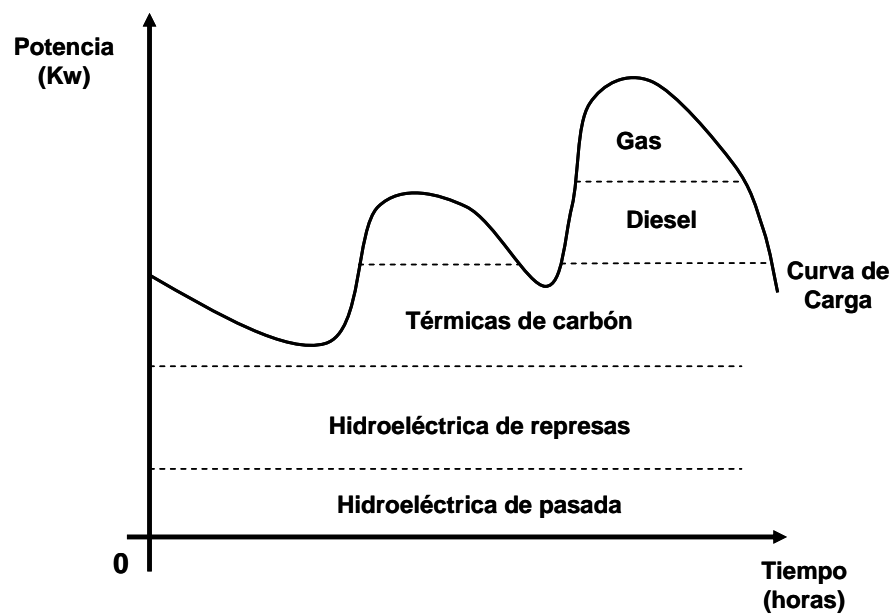
Orden de uso de las plantas, dado que un sistema eléctrico se ocupa en función de los costos variables de cada central (desde el más eficiente al menos). La Figura N°G.1 muestra un orden hipotético de entrada al mercado spot.

Al comparar la provisión de energía con los requerimientos, se obtiene el déficit de energía, en el cual debe considerarse que la demanda de energía crece con el tiempo. La Figura N°H.2 muestra un saldo positivo en la mayoría de los años, excepto para el período **to-t1**. Este déficit debe satisfacerse con el proyecto.

En algunas ocasiones el déficit puede satisfacerse con medidas alternativas de optimización de la situación actual, cuyos beneficios no deben atribuirse al proyecto. Entre ellos: i) proyectos para mejorar las ineficiencias técnicas en la transmisión y distribución de energía; ii) las ineficiencias económicas derivadas del mecanismo tarifario (que no se basa en precios al coste marginal).

Figura N°H.1

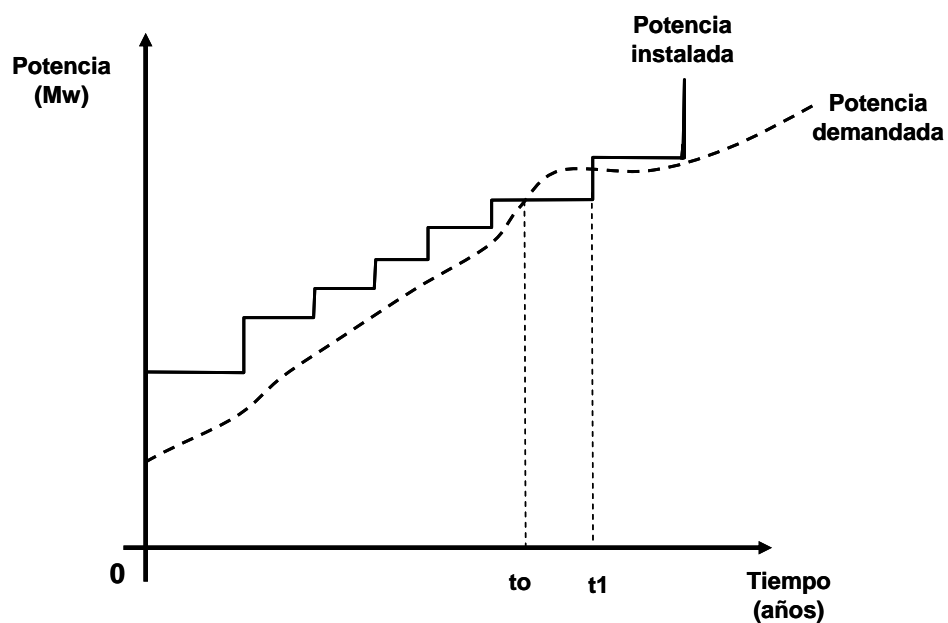
Uso de la capacidad instalada para satisfacer la demanda



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Figura N°H.2

Capacidad instalada y potencia demandada



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

De acuerdo al modo de funcionamiento las plantas de energía de generación se clasifican:

- **De Paso:** operan en forma continua porque no tienen capacidad para almacenar agua. El uso del agua disponible es en todo momento y puede hacerlo hasta el límite de su capacidad. Las turbinas de eje pueden ser vertical u horizontal de acuerdo a la pendiente del río (si es fuerte o suave).
- **De regulación:** el caudal recibido se regula por la construcción de una o más presas que forman lagos artificiales. Entre ellas: i) **centrales de reservas diarias:** pequeña presa de regulación diaria. La presa se llena durante ciertas horas del día y el agua se utiliza con mayor intensidad durante las horas de alta demanda. Por lo general son construidas en los ríos que mantienen el caudal en cualquier época del año; ii) **centrales de almacenamiento estacional:** tiene un depósito más grande y sirve para almacenar agua en las estaciones húmedas con el fin de utilizarla para producir energía durante la mayor parte del año.; iii) **Centrales de almacenamiento por bombeo:** extensión de las centrales diarias.

De acuerdo a la altura de la cascada, las plantas se clasifican en:

- **Centro de alta presión:** la caída hidráulica es mayor de 200 metros de altura.
- **Centro de medios de presión:** la caída hidráulica se sitúa entre 20 y 200 metros de distancia.
- **De presión central baja:** la caída hidráulica es menor a 20 metros.

De acuerdo a la capacidad instalada, las centrales hidroeléctricas son de:

- **Centrales mayores:** más de 200 Mw.
- **Centrales medianas:** entre 20 Mw y 200 Mw.
- **Micro-hidráulica:** menos de 20 Mw.

Para cada una de las soluciones alternativas identificadas debe ser tomada en cuenta la siguiente información:

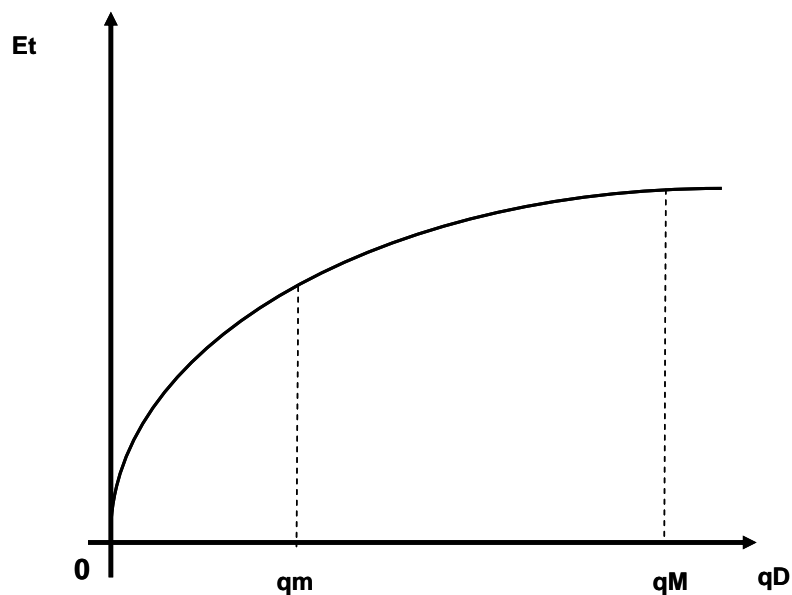
- Especificación de las características de cada alternativa de generación:
 - Presa: capacidad de almacenamiento y su cuota de mercado, el número de hectáreas inundadas y su volumen de uso productivo actual de los sedimentos, el régimen hidrológico de la cuenca donde se ubica, etc.
 - Proyecto energético.
 - La energía que puede surgir de un mes a otro.
 - La caída del agua (metros).
 - Las pérdidas hidráulicas.
 - Diseño de flujo (m³/s).

- Nivel de operación de la presa.
- Acciones de la restitución.
- Costo de la inversión.
- Costo de operación de acuerdo con un nivel de carga.
- Ubicación y la influencia de diseño alternativo: el área de influencia en los proyectos se compone de tres segmentos bien diferenciados:
 - El área afectada por las obras, incluyendo inundadas por el río y el radio de acción necesario para la protección y el funcionamiento de la misma. Las obras contempladas son la desviación de cursos de agua, la estructura de la presa, casa de máquinas, túneles, carga, descarga de canales, caminos de acceso, áreas de camping y oficinas, etc.
 - La zona situada aguas abajo de la presa. Es necesario identificar los efectos de la diferente calidad del agua, el régimen de descarga en las tierras que se inundaron, las actividades agrícolas, etc.
 - La cuenca situada aguas arriba del lugar de captura, que tiene una influencia significativa en la cantidad y calidad de agua que llega a la tubería o presa.
- Descripción de los componentes del diseño de alternativas: que las acciones se llevarán a cabo y los resultados esperados de cada uno. Los componentes principales son:
 - Presa y el embalse, el tamaño de la presa depende de los caudales proporcionados por el río represado, sus afluentes y la caída de agua de lluvia. Incluye obras tales como desvío de los ríos, presas, compuertas, drenaje, fondo, etc. Las presas pueden clasificarse por el material utilizado en su construcción en presas de tierra y presas de hormigón.
 - Sistema de transferencia: permite el flujo de salida de la presa.
 - Los caminos para conexión entre las propiedades afectadas por las represas, la transferencia y planta de generación propia.
 - Instalaciones de generación hidroeléctrica
 - Obras de toma de agua, tubería de carga, la potencia, cámara de descarga, el acceso central y las obras auxiliares, etc.
 - El equipo eléctrico, mecánico o hidromecánico: turbina, generador, transformador de energía, control y subestaciones y líneas de transmisión.
 - Canal de entrega.
 - Instalaciones auxiliares, campamentos, talleres y plantas, residuos vertederos de hormigón (residuos) de la construcción y montaje, otros.

Cabe recordar que el comportamiento del río es aleatorio, de manera que cuando se pronostica un determinado caudal q , no puede tenerse certeza absoluta de obtenerlo. Cuando no es posible extraer de río el caudal pronosticado, será producida menos energía. El **fp** indica la probabilidad de obtener el caudal para el cual fue construida la central. Si su comportamiento fuera aleatorio, su valor sería 1. En este tipo de diseño interesa el caudal desviado y la altura. El nivel de qD refleja el flujo o caudal de diseño, cuyo nivel afecta la energía generada; a mayor caudal de diseño de flujo, mayor probabilidad de generar energía (Figura N°H.3).

Figura N°H.3

Relación entre la energía potencial y el caudal de diseño

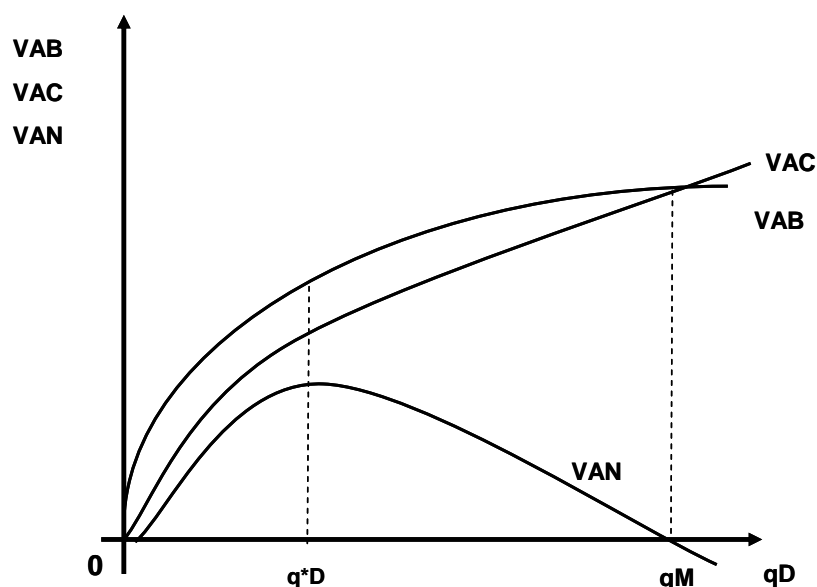


Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Es importante señalar que es posible determinar el tamaño óptimo para qD . Por un lado, un aumento de esta variable lleva al aumento de Et , siempre y cuando qD no sobrepase qM , es decir, hasta donde se generan beneficios. Por otra parte, este aumento implica un incremento en los costos de inversión y mantenimiento.

Figura N°H.4

Valores actuales de beneficios (VAB) y costos (VAC) de la alternativa



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Cuando q es una variable aleatoria, tiene una distribución de probabilidad asociada, con un valor medio y una dispersión. Para simplificar, se podría asumir que sólo puede tomar tres comportamientos: los años húmedos, años normales y años secos. Cada uno tiene una probabilidad de ocurrencia. En cuanto a los costos, el aumento de q_D eleva los costes de inversión y mantenimiento (Figura N°H.4).

El caudal de diseño óptimo corresponde a q^*D , es decir, aquél que maximiza el valor actual neto (VAN).

Al planificar una presa se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los costos de inversión y mantenimiento.
- Los beneficios asociados con la producción de más cantidad de energía, lo cual se logra mediante la transferencia del exceso de caudal.

Asimismo, debe tenerse cuidado de no sobrestimar los beneficios, ya que también se puede lograr aumentando el caudal de diseño. Si el aumento de los costos que implica aumentar el caudal de diseño es inferior a los beneficios de la producción adicional de energía, se debe atribuir como un beneficio para ese proyecto.

I. Identificación de beneficios y costos

Los beneficios atribuibles por la liberación de los recursos, teniendo en cuenta que la generación hidroeléctrica reemplazará a la energía que se obtiene con la tecnología existente en el sistema interconectado o la generación de los medios utilizados por las personas aisladas de la red. En algunas ocasiones, como en un área que no está conectada a la red, también hay un beneficio por el aumento del consumo.

Los costos son atribuibles a los costos de inversión (construcción de infraestructura, canales, túneles o tuberías de aducción, salas de máquinas, equipos eléctricos o de energía mecánica de la turbina, generador, el transformador de potencia, control y restitución de obras de la subestación agua, patios y líneas eléctricas, obras complementarias: caminos, la gente, talleres, etc.), y los costos de operación y mantenimiento de la planta hidroeléctrica.

Como en el caso presentado en el capítulo, deberán identificarse los beneficios netos de uso de recurso en otros sectores: riego, agua potable, defensa fluvial y control de crecidas, entre otros.

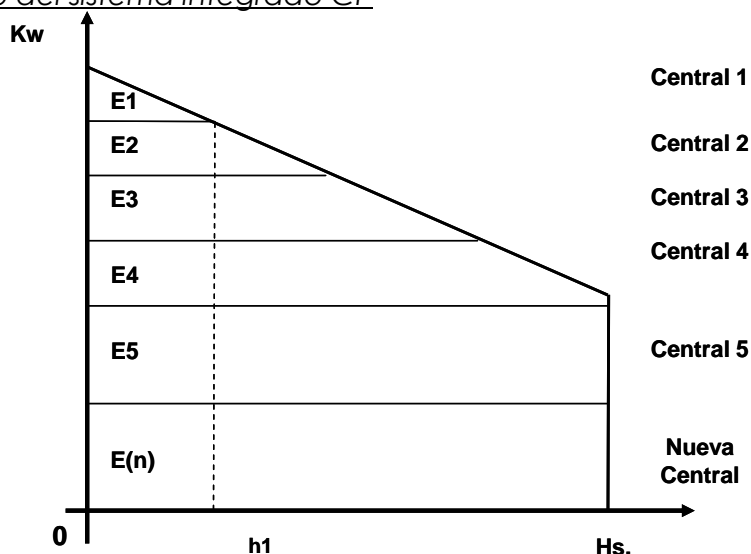
II. Cuantificación de beneficios y costos

Cuando el proyecto sustituye una planta existente, el beneficio está dado por los menores costos que el país dejará de incurrir para producir energía a partir de otras fuentes como la térmica o geotérmica. Esto es debido a la forma de funcionamiento del sistema interconectado.

La operación de la red interconectada implica que cuando la energía hidroeléctrica no es suficiente para satisfacer sus necesidades, se recurre a la energía térmica, por ejemplo. La Figura N°H.5 presenta la situación CP, considerando que la operación de cuatro plantas de energía más eficientes y nueva estación de energía hidroeléctrica.

Figura N°H.5

Funcionamiento del sistema integrado CP



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Donde:

$E(n)$ representa la energía que será producida por la nueva central (Kwh.) cuya magnitud refleja el desplazamiento de las centrales existentes en la situación SP. Los beneficios de la nueva central están dados por la reducción de costos:

$$\text{Beneficio} = E_5*(C_5-C_N) + E_4*(C_4-C_N) + E_3*(C_3-C_4) + E_2*(C_2-C_3) + E_1*(C_1-C_2)$$

Donde:

C_5 a C_1 son los costos medios de explotación de las centrales 5 a 1 respectivamente;

C_N es el costo medio de la nueva central.

Esta liberación de recursos es constante, por lo tanto, para efectos de la comparación CP y SP es necesario considerar el valor actual del conjunto. Al respecto, los beneficios asociados a la nueva central probablemente se vean disminuidos a lo largo del tiempo. El supuesto es que a medida que se construyan nuevas centrales, éstas serán más eficientes y por tanto ocuparán la base de la curva de demanda del sistema. Esto supone que en algún momento la central que está siendo evaluada será sustituida parcial o totalmente por centrales más eficaces.

Para calcular este beneficio es necesario contar con los precios de todas las demás opciones que puede usar el país para suplir la demanda nacional de electricidad, incluida la hidroeléctrica.

Si se observan también beneficios por disminución de cortes no programados, disminución de racionamientos programados o incorporación de nuevos usuarios, deben estimarse tales beneficios a través del análisis desarrollado en el cuerpo principal del capítulo.

APÉNDICE I. GUIA GENERAL PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LA MINERÍA

La demanda de agua cruda para actividades mineras se concentra en los siguientes usos.

Agua para consumo humano en campamentos

El agua de consumo humano es para bebida, cocción, lavado, riego, y baños y representa usualmente menos de 1.5% por ciento del agua consumida en una empresa minera. Este porcentaje varía bastante debido al diferente ámbito de actividades de las diversas empresas mineras. En empresas de gran dimensión, el consumo es usualmente más cercano o inferior a 1% (Seminario "Minería y Usos de Agua en Chile", Centro de Estudios Públicos, Santiago, Chile, 1997. Publicado en Serie de Documentos de Trabajo No 273, Octubre 1997).

Agua para consumo en la mina

El uso principal de agua en las minas de cielo abierto es para riego de caminos con objeto de reducir el polvo en suspensión. En la minería subterránea, el consumo del agua es reducido y generalmente se extrae agua natural que se posa en el fondo de los piques, la que puede provenir de lluvias o de afloramientos de las napas subterráneas. Cifras disponibles indican que el agua utilizada en riego de caminos puede variar entre cero y el 15% del consumo total de agua de una faena minera y corresponde aproximadamente al 3% del consumo total por tonelada de cobre catódico producida.

Agua para funcionamiento de las plantas de procesamiento

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

Pérdidas de agua

Las pérdidas de agua durante el procesamiento de minerales son variadas; las principales causas de éstas corresponden a: i) **evaporación**, especialmente en tranques de relave, espesadores y acopio de mineral y/o concentrado; ésta es más severa en el desierto, mientras que en lugares cercanos al mar disminuye⁷⁶; ii) **infiltraciones** producidas hacia las napas subterráneas pueden ser consideradas muchas veces como pérdidas ya que una parte considerable de esta agua

⁷⁶ A modo de ejemplo, Minera Escondida cita en un estudio del año 95 (Mel, 1995) una evaporación en el relave de aproximadamente 13% con respecto a la circulación de agua en el relave. Si la cifra se compara con la alimentación de agua fresca, el porcentaje evaporado es aproximadamente 23%.

queda absorbida en los suelos o se evapora⁷⁷. Sin embargo, una parte del agua puede ser recuperada de las napas; iii) **proceso de secado del concentrado previo a la fusión**, mediante el cual el mineral debe ser alimentado a los hornos de fusión con la mínima cantidad de agua posible con objeto de aprovechar al máximo el combustible y las reacciones exotérmicas producidas durante la fusión. El agua que debe ser evaporada antes de la fusión varía de acuerdo a la ley del concentrado y las características de la fundición; iv) cuando el tranque de relaves o espesador están ubicados a la misma altura sobre el nivel del mar que la planta de flotación, el agua que se recupera puede ser **reutilizada** en el proceso. No retornar el agua al proceso de flotación tiene el costo, no sólo del agua misma, sino que del acondicionamiento del PH. No obstante, debe considerarse que en el caso de los tranques de relave, los niveles de metales o sales de estas aguas, denominadas las aguas claras, en la mayoría de los casos no es adecuado para uso en agricultura.

Agua para transporte de mineral o concentrado

El mineral es generalmente tratado en *Plantas Concentradoras* que se encuentran en la vecindad de las minas, debido a que el costo de su transporte es entre 10 y 60 veces más caro que transportar concentrado. Existen básicamente dos formas de transportar el concentrado desde las minas a las fundiciones o a un puerto: mediante camiones o trenes, y mediante un mineroducto. Con objeto que el concentrado fluya a lo largo del mineroducto, es preciso agregar agua. Adicionalmente, la cantidad de agua utilizada por tonelada de mineral transportada es constante con respecto a la distancia transportada, lo que no ocurre en el caso del transporte terrestre. El creciente "valor" del agua en la minería, hace que el uso de estos proyectos pierda participación relativa con el transcurso del tiempo. En el caso del transporte por camión o tren, el uso aparente de agua está constituido por la humedad del concentrado, la que es equivalente a aproximadamente un 10% de la que se transporta en un mineroducto. Sin embargo esta estimación no considera el consumo de agua de los camiones o trenes propiamente tales, que excede largamente el consumo del radiador⁷⁸.

Agua utilizada en las fundiciones

La fusión de concentrados se realiza con minerales sulfurados en diversos reactores y da origen al cobre blister o a ánodos. Una parte fundamental de la fusión es la recuperación del azufre contenido en el concentrado, el que durante la fusión se transforma en anhídrido sulfuroso, SO₂. El agua se utiliza en el enfriamiento de gases ya sea directamente en la fusión o en la sección de producción de ácido sulfúrico, donde el gas llega con una temperatura mayor de 200 Centígrados. Este consumo puede variar considerablemente de una fundición a otra. Por ejemplo, una fundición que se encuentre cercana al mar puede utilizar

⁷⁷ En principio, este efecto debería estar controlado por la ley ambiental, ya que la infiltración de agua puede provocar la contaminación de las napas subterráneas.

⁷⁸ El uso equivalente de agua debe considerar el mantenimiento del camión, el consumo de agua de las personas que manejan y mantienen el camión, el consumo de agua para producir y refinar el petróleo, etc. No se dispone de cifras equivalentes de uso de agua por kilómetro de transporte.

en la casi totalidad del enfriamiento, agua de mar, devolviendo esta al mar una vez utilizada y asegurando que no se produzcan impactos ambientales de consideración debido al cambio de temperatura. Por otra parte se puede utilizar intercambiadores de calor más eficientes en el enfriamiento, reduciendo de esta forma el consumo. También es posible utilizar más agua que la indicada anteriormente.

Los otros procesos en que se usa parte importante del agua son la producción de oxígeno, necesario para hacer más eficiente las reacciones de fusión y el lavado de gases, que se realiza en las plantas de ácido con objeto de remover los sólidos que acompañan los gases.

Agua para refinerías electrolíticas

El proceso de refinación electrolítica consiste en electrolizar los ánodos provenientes de la fundición con objeto de eliminar las impurezas, principalmente metálicas, que son del orden de 0,1 a 0,3 por ciento. El cobre depositado en los cátodos durante la electrorefinación debe tener una pureza superior al 99.99%. En la electrorefinación las pérdidas de agua se producen fundamentalmente debido a la evaporación y al descarte de soluciones. La primera ocurre en la parte superior de las celdas electrolíticas y está exacerbada debido a que la temperatura del electrólito es de aproximadamente 60 Centígrados. En la actualidad se utilizan pequeñas esferas plásticas que flotan sobre el electrólito y reducen la evaporación en forma muy sustancial.

Aguas para procesos hidrometalúrgicos

El proceso de lixiviación - extracción por solventes se utiliza desde la década de los 60 para la recuperación de cobre a partir de minerales oxidados de cobre, y desde la década del 80 para la recuperación de algunos sulfuros secundarios, principalmente la calcosina. Durante los '90, este proceso se ha aplicado en un creciente número de minas debido a su bajo costo de operación, comparado con el proceso tradicional.

El proceso consiste básicamente en que el mineral extraído de la mina es chancado y posteriormente aglomerado con objeto de que cuando se construyen las pilas de lixiviación, la solución lixivante pueda percolar y entrar en contacto con las diversas partículas que contienen mineral. Durante la aglomeración el mineral se contacta con una solución que contiene ácido sulfúrico con objeto de comenzar el proceso de disolución del cobre. Con posterioridad a la aglomeración el mineral, que contiene aproximadamente un 10% de humedad, se acopia en pilas de unos pocos metros de altura (dos a diez metros), dependiendo de las características del mineral y del lugar, y se riega la superficie superior con una solución ácida. Dicha solución percola al interior de la pila y junto al oxígeno produce la oxidación de los óxidos y sulfuros secundarios de cobre. Este proceso se puede acelerar con la inclusión de otros agentes oxidantes tales como ión férrico, y/o bacterias. Las pilas han sido construidas sobre una superficie impermeabilizada con objeto de recuperar la totalidad de las soluciones y también de evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

La solución recuperada en la parte inferior de las pilas contiene una pequeña concentración (1 a 3 g/l) de cobre, y previo a recuperarlo mediante electroobtención, es preciso elevar su concentración en la solución. Ello se hace mediante el proceso de extracción por solventes, que consiste en la extracción del cobre de la fase acuosa a una fase orgánica y posteriormente la re-extracción del cobre desde la fase orgánica cargada con cobre a una nueva fase acuosa. La concentración del cobre en esta nueva fase acuosa, al cabo del proceso de extracción por solventes, es de aproximadamente 40 g/l. Esta solución denominada fase cargada, se alimenta a la planta de electroobtención.

Una vez que la solución proveniente de la lixiviación es descargada de cobre mediante solventes, se reacondiciona su PH, que ha variado, y se reutiliza en el riego de las pilas. Por último, la solución cargada con cobre que ingresa a la planta de electroobtención, previo filtrado para eliminar impurezas sólidas, es sometida a electrólisis, generándose oxígeno en el ánodo, constituido a partir de una aleación de plomo, y cobre metálico en el cátodo. El producto de la planta de electroobtención es cobre de alta pureza, el que es vendido de acuerdo a contratos realizados en alguna de las bolsas de metales existentes a nivel internacional.

En la planta de extracción por solventes se descartan las soluciones orgánicas después de numerosos ciclos, debido a la degradación de los reactivos orgánicos y debido a la contaminación de la solución. Durante la vida útil de estas soluciones, estas son lavadas, y el agua requerida para ello es cuantiosa. Los factores más variables en cuanto a consumo son la evaporación en las pilas, el descarte de soluciones (el que depende entre otras factores de la cinética de dilución del mineral) y el lavado de orgánico.

APÉNDICE J. GUIA GENERAL PARA LA ESTIMACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE SERVICIOS DE DEFENSA FLUVIAL Y CONTROL DE CRECIDAS

En base a diferentes antecedentes deberá realizarse un acabado diagnóstico de las condiciones actuales del cauce, describiendo el origen del problema que se desea solucionar. Entre los principales antecedentes, debe disponerse de los antecedentes hidrológicos.

Debe disponerse de un estudio hidrológico del río, con el fin de determinar los caudales de diseño, que definirán el dimensionamiento apropiado de las obras. Para ello deben seleccionarse las estaciones pluviométricas y fluviométricas existentes en o próximas al área de estudio y su cuenca aportante, a fin de analizar, corregir, ajustar y extender la estadística correspondiente a un período común que sea lo más reciente posible.

Los resultados obtenidos se confrontarán adoptándose finalmente una serie de caudales de crecidas asociados a diferentes períodos de recurrencia. Esos períodos pueden ser de 2, 5, 10, 50 y 100 años y deben estar asociados a determinados caudales máximo instantáneos que definen el volumen de regulación de crecidas, las obras de desagüe de medio fondo y el caudal máximo de salida correspondiente (la velocidad de salida depende de la altura del nivel de agua del embalse sobre el desagüe de medio fondo que determina el caudal medio de evacuación. De esta forma, se estiman las horas en las cuales se completa el volumen de regulación de crecidas para un determinado período de retorno.

Antecedentes topográficos y geomorfológicos

Se requiere de estudios de levantamiento aerofotogramétrico y planos topográficos. El estudio geomorfológico caracteriza el suelo y determina su composición, granulometría y grado de compactación. Este estudio junto con el hidrológico, permitirá determinar los principales parámetros de escurrimiento, velocidad y niveles, para los diferentes caudales.

Áreas de inundación

Las verificaciones hidráulicas teóricas, permiten realizar el pronóstico de los ejes hidráulicos bajo diferentes condiciones de caudales. Se deberá delimitar las posibles áreas de inundación en el sector de interés, asociando los períodos de recurrencia de los eventos señalados en el análisis hidrológico con las probabilidades de ocurrencia de éstos.

Beneficios de proyecto

Reposición y recuperación de infraestructura en el sector turismo

Corresponde a los daños registrados en lugares de interés turístico y que resultan dañados por las crecidas, motivando que los turistas se desplacen otros destinos y los gastos correspondientes a la limpieza de sedimentos.

Reposición y recuperación de infraestructura en el sector urbano

Para estimar los daños de este sector se recomienda utilizar la metodología de aguas lluvias de MIDEPLAN, corregida con las especificaciones que a continuación se describen. La metodología establece un procedimiento para determinar los daños por inundación en las propiedades residenciales e industriales, estimándose un porcentaje del valor de ellas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Dp = (Sr \times Vr + Si \times Vi) \times Pd$$

Donde,

Dp es daño a la propiedad;

Sr es superficie de propiedades residenciales en área inundada;

Vr es valor promedio de las propiedades residenciales (incluye construcción y terreno);

Si es superficie de propiedades industriales en área inundada;

Vi es valor promedio de las propiedades industriales (incluye construcción y terreno);

Pd es porcentaje de daños en la propiedad. Éste variará en función de la altura del nivel de agua de la inundación.

Las inundaciones producen daños materiales en las propiedades afectadas y también daño por lucro cesante, producto de la imposibilidad de sus dueños de continuar normalmente con sus actividades. El **beneficio por reposición y recuperación de propiedades** dependerá del tipo de agente que se vea afectado:

Residenciales

Corresponde a los menores daños que sufren las personas que viven en el sector afectado. Los daños materiales corresponden a daños a la propiedad (deterioro de pisos y muros, jardines) y la pérdida o deterioro de enseres (muebles, electrodomésticos, entre otros)

Industriales

Corresponde a los menores daños que sufren las industrias que se localizan en el área afectada por las inundaciones. Los daños materiales consisten básicamente en pérdida o deterioro de equipos e instalaciones, así como el deterioro o pérdida de insumos y productos terminados o en proceso. Los daños por lucro cesante corresponden a la menor producción generada por la imposibilidad de operar normalmente.

Comerciales

Corresponde a los menores daños que sufre el comercio que se localiza en el área afectada por las inundaciones. Los daños materiales consisten básicamente

en pérdida o deterioro de equipos e instalaciones, así como el deterioro o pérdida de productos. Los daños por lucro cesante corresponden a las menores ventas que se producen por la imposibilidad de operar normalmente. Cabe tener presente que el beneficio por disminución del lucro cesante no necesariamente representa un beneficio social en su totalidad, ya que las menores ventas que experimentó un determinado comercio se pueden haber traducido en mayores ventas en otro comercio o bien, porque los consumidores sólo postergaron su consumo.

Organismos Públicos

Corresponde a los menores daños que sufren los edificios y equipamientos de instituciones públicas como Carabineros, Consultorios, Colegios, Bomberos y otros, ubicados en áreas actualmente afectadas por inundaciones. Adicionalmente, en la situación sin proyecto pueden verse afectadas sus actividades normales, con el consiguiente costo para los usuarios, por lo que el proyecto al evitar este efecto, generará un beneficio adicional.

En el caso de los **beneficios por recuperación de terrenos anegadizos**, el proyecto, al reducir los efectos de las inundaciones, incrementa el potencial del terreno, permitiendo que se desarrollen actividades de mayor valor económico (los terrenos baldíos anegadizos tienen restricciones en términos de las actividades que pueden desempeñarse en ellos y por lo general, están limitados a cumplir un rol de áreas verdes o equipamiento comunitario).

La infraestructura vial, específicamente la carpeta de rodadura, sufre daños durante las inundaciones producto de la infiltración del agua por grietas existentes en el pavimento, por lo cual el proyecto genera beneficios por **reposición y recuperación de infraestructura vial urbana**. Esto implica adelantar los trabajos de conservación o, en un caso extremo, la reposición de la carpeta de rodadura dañada. El proyecto, al mejorar la capacidad de escurrimiento superficial de las aguas, disminuye los efectos dañinos de las aguas lluvias sobre la carpeta de rodadura, por lo que se produce un beneficio por este concepto. Estas obras incluye toda la infraestructura vial: calles, rutas, caminos rurales y puentes, entre los principales.

Finalmente, el **beneficio por reposición y recuperación de infraestructura ferroviaria** corresponde a los daños evitados en todo tipo de infraestructura de ese tipo, incluyendo la limpieza y reparaciones menores.

Disminución de los Costos Generalizados de Viaje

Las inundaciones de calles y avenidas producen un impacto negativo sobre el tránsito vehicular de la red vial afectada, entendiendo por ésta no sólo la red que sufre de anegamientos, sino que también aquella que no se encuentra anegada pero que se ve afectada por reasignaciones de tránsito desde sectores anegados. Los usuarios de las vías inundadas se verán afectados, ya sea por que deberán circular a una velocidad inferior a la deseada, o bien, por que deberán modificar su ruta de viaje hacia alternativas con mayores Costos Generalizados de Viaje (CGV).

En el caso de los usuarios de las vías que no sufren de anegamiento, se verán afectados por la reasignación de vehículos desde las vías anegadas, lo que incidirá negativamente en la velocidad de circulación por esas vías. Este efecto sobre la velocidad de circulación incide en un aumento de los CGV, los cuales dependen principalmente de la valoración del tiempo empleado en el viaje y del costo de operación de los vehículos (combustibles, neumáticos, entre otros). El proyecto, al mejorar la capacidad de escurrimiento superficial de las aguas, aumenta el nivel de servicio de las vías y por lo tanto, permite un ahorro en los CGV.

Disminución de ausentismo laboral

Al inundarse los sectores residenciales, sus habitantes pueden tener problemas para desplazarse a sus lugares de trabajo, causando ausentismo laboral. Esto tiene un efecto negativo sobre las actividades productivas desempeñadas, lo que se refleja en una pérdida de producción. La ejecución del proyecto permite reducir los efectos de las inundaciones y, por lo tanto, produce un beneficio asociado al menor ausentismo laboral.

Menores gastos de emergencia y limpieza de vías y sumideros

Producto de las inundaciones, los sectores público y privado deben prestar ayuda a los afectados por las inundaciones mediante la entrega de enseres y la habilitación de lugares de albergue, así como realizar trabajos de emergencia para aliviar la situación de los sectores más afectados (desvío de cauces, entrega de sacos de arena, entre otras acciones) y realizar actividades para el mejoramiento de las condiciones sanitarias de las personas.

Así también, debe realizarse una serie de trabajos para limpiar las vías y sumideros de los sedimentos arrastrados durante las lluvias. El proyecto, al reducir los efectos de las inundaciones, permite un ahorro en los gastos de emergencia y limpieza de vías y sumideros.

Menor probabilidad de enfermedades

Una de las consecuencias de las inundaciones es el aumento de enfermedades entre las personas cuyas viviendas fueron afectadas. Esto produce mayores costos en consultas y tratamientos médicos, tanto a las personas como a los servicios médicos a los que éstas acuden, además de las molestias y sufrimiento de las familias afectadas. El proyecto, al reducir los efectos de las inundaciones, genera un beneficio por ahorros de costos.

Menores molestias a las personas

Las personas que viven en sectores afectados por inundaciones sufren molestias por la alteración temporal de la forma habitual de vida (por ejemplo, no poder salir a realizar actividades no laborales) y por molestias tales como mojarse los zapatos y la ropa al cruzar las calles, entre otras. Por su parte, las personas cuyas viviendas se inundan sufren molestias adicionales debido a que deben trasladarse a residencias temporales en otros lugares (albergues), etc. El proyecto,

al reducir los efectos de las inundaciones, genera un beneficio por menores molestias a las personas.

Reposición y recuperación de infraestructura en el Sector Portuario

En ciudades costeras afectadas por inundaciones provocadas aguas arriba en el valle, deben estimarse los potenciales beneficios por ahorro de costos en reparación y reposición de obras portuarias; básicamente obras de dragado y limpieza del embancamiento y sedimentación de los sitios de atraque.

Reposición y recuperación de infraestructura en el sector agrícola

Los terrenos después de ser inundados se recuperarán en forma natural con materiales en suspensión que traen las aguas del río y en forma artificial mediante la habilitación de suelos antrópicos (suelos preparados por el hombre). Atento a ello, los beneficios deben estimarse suponiendo que los suelos destruidos serán rehabilitados.

Pérdidas de vidas humanas

La estimación del valor por concepto de las pérdidas humanas que pudieran ocurrir a causa de inundación es compleja. Por ello, es uno de los puntos que podría ser explicitado a nivel de identificación y cuantificación de los beneficios y costos. No obstante, la alternativa de valoración es mediante cuantificación de la población habitante en la situación actual, estimar las pérdidas de producción en función de su participación en los diversos sectores productivos de la zona afectada por el proyecto.

Beneficios Intangibles

Se define como beneficios intangibles a todos aquellos de difícil cuantificación y valoración. En este caso, los relacionados por ejemplo a la mejora y el bienestar y seguridad de las personas.

APÉNDICE K. GUIA GENERAL PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE EN PROYECTOS DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS

Para obtener el valor económico del bien en estudio, se debe definir cuál es el cambio en el recurso que se quiere valorar y cuál es la población significativamente afectada por este cambio. Luego, se utilizan encuestas donde se crea un mercado hipotético y se pregunta por la máxima disposición a pagar (DAP) o a aceptar (DAA) por el cambio en el bien ambiental. Finalmente, con la información recopilada se realiza una estimación econométrica de la DAP media de la población y se estima el valor total asignado al recurso.

Origen del Método de Valoración Contingente (MVC)

Los orígenes del método se remontan al año 1947 cuando Ciriacy - Wantrup sugirió el uso de entrevistas directas para medir los valores asociados a los recursos naturales. Sin embargo, fue Robert K. Davis quién a principios de los sesentas, desarrolló este método como parte de su tesis doctoral para estimar el valor de los Bosques de Maine para un grupo de cazadores y excursionistas. Robert K. Davis prescindió del método directo debido a que conoce la actitud negativa hacia la vida salvaje de los granjeros que debía encuestar, la cual impide realizar una estimación certera. Esto lo motiva para desarrollar un sistema en que el encuestador "subasta" distintos escenarios potenciales para determinada situación hasta que el encuestado "compra" uno, fijándose de esa manera el monto en que se valora el proyecto que permite cambiar del escenario actual al escenario hipotético subastado.

Después de su creación, el método ha sido aceptado por su uso en distintas situaciones, algunas tan importantes como el derrame de petróleo en las costas de Alaska del barco petrolero Exxon Valdez ocurrido el 24 de marzo de 1989. Más aún, en 1979, el Water Resource Council de los EE.UU. recomendó el uso de este método para valorar beneficios en inversiones públicas, y en 1986 en el Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (CERCLA) se le reconoció como un método apropiado para medir beneficios (y daños), consolidando así su respetabilidad (Habb y McConell, 2002).

Como se señaló, este método estima en forma directa, por medio de encuestas, la valoración que otorgan las personas a los cambios en el nivel de bienestar, asociados a una modificación en las condiciones de oferta de un bien ambiental, y ha sido ampliamente utilizado para cuantificar monetariamente beneficios y daños ambientales (Mitchell y Carson, 1989; Azqueta, 1994; Hoevenagel, 1994; Melo y Donoso, 1995; Carson et al., 1997; Shackley y Dixon, 2000). Esta amplia difusión en su uso se explica porque en muchas ocasiones es el único método factible de utilizar (por ejemplo, cuando es imposible establecer un vínculo entre la calidad del bien ambiental y el consumo de un bien privado), además, de constituir la única técnica de valoración que permite medir valores de uso y de no uso (Bojö et al., 1992; Brown y Duffield, 1995; Carson et al., 1997).

Análisis de los sesgos del MVC

Al emplear el Método de Valoración Contingente se debe considerar una serie de sesgos que pueden surgir en su aplicación, pues como se dijo, los resultados obtenidos pueden presentar problemas. Los sesgos se dividen en i) sesgos instrumentales (sesgo del punto de partida, de la forma de pago, de la información, del entrevistador) y ii) sesgos no instrumentales (sesgo por respuesta de protesta, sesgo estratégico y efecto incrustación), los cuales se analizan a continuación.

1. Sesgo del Punto de Partida

Cuando el formato de pregunta va en forma ascendente o descendente en forma lineal, el encuestado puede basarse en el valor inicial para formarse una idea de cuál debe ser su respuesta. Esto se comprueba al observarse que al comenzar con valores bajos se obtienen resultados finales mucho más bajos que al iniciar la pregunta con un valor alto. Para solucionar este sesgo se pueden usar preguntas dicotómicas.

2. Sesgo de la Forma de Pago

La forma de pago puede determinar el valor final de la DAP según sean sus características. No es igual para el encuestado que le cobren mediante un alza de impuestos a que le cobren por cada vez que usa el bien público. Según algunos autores este sería un sesgo muy menor, y además es fácilmente superable, realizando una preencuesta para encontrar la forma de pago más adecuada a cada encuestado.

3. Sesgo de Información o de Escenario

El encuestado debe contar con cierta información para poder formarse una opinión del valor que para él tiene el objetivo de la valoración. Si la persona está desinformada, claramente no entregará su máxima DAP. Este sesgo se soluciona entregando información adecuada antes de proceder con las preguntas. Es muy importante que el encuestador sea capaz de transmitir el escenario bajo el cual se está realizando el estudio.

4. Sesgo del Entrevistador

Existe una presión, voluntaria o involuntaria, ejercida por el encuestador que fuerza a quien responde a quedar bien a ojos del encuestador y a entregar valores mayores a su verdadera DAP. Esto se soluciona haciendo encuestas impersonales (vía correo normal, correo electrónico, página Web y en menor medida, teléfono)

5. Sesgo por Respuesta de Protesta

Cuando el encuestado tiene una DAP igual a cero por un bien, puede que éste sea el verdadero valor o puede que sea una respuesta de protesta ante el planteamiento que se le hace. Este problema se soluciona mediante la incorporación de preguntas de seguimiento (por ejemplo, por qué razón pagaría cero).

6. Sesgo Estratégico e Incentivos a decir la verdad

Puede ocurrir que el encuestado intente influir en el estudio para cambiar los resultados finales, para lo cual entregará valores muy exagerados respecto a su verdadera DAP. Este problema no es severo y puede atenuarse usando preguntas cerradas. Por el contrario, puede ocurrir que el encuestado no tenga interés alguno en el tema, por lo que no contestará en forma concienzuda. Esto se soluciona preguntando el grado de interés en el tema y considerándolo al momento de analizar los datos.

7. Efecto Incrustación

El efecto incrustación se refiere a la diferencia en las DAP obtenidas para un mismo bien cuando se considera una porción específica del bien o el bien en forma total. Por ejemplo, al hacer un estudio para obtener el valor de una hectárea de bosque nativo, éste diferirá si se pregunta por la DAP para conservar todo el bosque nativo de un país o si se pregunta por conservar una hectárea determinada de bosque nativo (en este caso se encontrará que la DAP es mayor). Algunos autores creen que esto responde a una satisfacción moral y eso lleva a valorar más al bien en forma individual que en forma genérica.

Las consecuencias del efecto incrustación y su importancia dentro del análisis del Método de Valoración Contingente han sido analizadas por Núñez y Schokkaert (2002). Ellos sugieren que si bien el efecto incrustación debe ser tratado con cuidado, cuando el Método de Valoración Contingente es bien utilizado, no compromete la utilidad del mismo, y de hecho, debe ser considerado como un elemento de la DAP de las personas.

Algunos autores no consideran el efecto incrustación como un sesgo o un problema, sino como una característica del Método de Valoración Contingente, muy consecuente con la teoría económica pues se fundamenta en las sustituciones de componentes (Bjornstad y Kahn, 1996).

Sin embargo, en los estudios empíricos se ha encontrado escasa evidencia de sesgos por preguntas hipotéticas. Esto se minimiza, con la especificación de un escenario lo más realista posible y la formulación de preguntas cuyas posibles respuestas tengan sentido para los entrevistados (Melo y Donoso, 2000).

Aplicación del MVC

La ruta que a continuación se presenta corresponde a la aplicación del Método de Valoración Contingente⁷⁹. Este método usa encuestas para obtener de las personas sus preferencias por bienes generalmente de tipo público, reflejadas en la cantidad de dinero que ellas estarían dispuestas a pagar por determinadas mejoras en esos bienes, o en su defecto, cuál sería su disposición a aceptar frente a un deterioro del bien evaluado.

⁷⁹ Ver Análisis de Técnicas de Evaluación de Proyectos de Protección de Riberas de Cauces Naturales de Fundación Economía y Administración UC, 2008. Asimismo, corresponde a la misma metodología descrita por El Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.

Mitchell y Carson (1989) mencionan que si las encuestas están bien diseñadas y son previamente testeadas, las respuestas de los entrevistados a las preguntas de valoración deberán representar disposiciones a pagar válidas. Si la muestra es seleccionada meticulosamente en términos de procedimientos de muestreo al azar, si la tasa de respuesta es lo suficientemente alta y si se realizan los ajustes necesarios para compensar los participantes que no respondieron o que dieron información de mala calidad, los resultados pueden ser generalizados a la población de la cual se tomó la muestra con un margen de error conocido.

Según Mitchell y Carson (1989) la encuesta se compone de tres grandes partes. La primera parte corresponde a una descripción detallada del bien que se quiere valorar y de las circunstancias hipotéticas bajo las que se encontraría el encuestado (construcción del mercado hipotético). En este sentido, el investigador construye un modelo de mercado suficientemente detallado y tan real como sea posible. Este modelo le será entregado al encuestado en forma de escenario, el que es leído por el encuestador.

La segunda parte está compuesta por las preguntas para obtener la DAP por el bien por parte del encuestado. Estas preguntas deben estar diseñadas de manera que permitan facilitar el proceso de valoración sin introducir sesgos en las respuestas del encuestado. La tercera parte está conformada por las preguntas sobre características del encuestado (edad, sexo, ingreso, otros), sus preferencias sobre el bien y el uso que harían del bien. Esta información se usa en ecuaciones de regresiones para estimar los elementos significativos en la valorización del bien.

Es importante saber que existen distintas formas de presentar las preguntas para obtener la DAP (segunda parte de la encuesta). Por una parte se pueden presentar: i) escenarios simples, donde se va obteniendo la respuesta del encuestado frente a cada uno de ellos, lo que es análogo a hacer preguntas con dos alternativas de respuesta, es decir, preguntas binarias (Louviere et al, 2000); o bien ii) escenarios múltiples, donde hay más de dos alternativas (existiendo alternativas que implican mayor cantidad de categorías de respuesta o una opción de no contestar, por ejemplo) y donde las preguntas no siempre tienen que contener igual número de alternativas (una pregunta puede tener 2 alternativas de respuesta y la siguiente puede tener 4 alternativas de respuesta).

La principal ventaja que conlleva el uso de escenarios múltiples es que permite aumentar la calidad de los datos obtenidos pues entrega un mejor nivel de precisión estadística. Se tiene un mejor control de los efectos i) principal (similar a autocorrelación); ii) de interacción (similar a correlación); iii) propio (se refiere al efecto de una alternativa en sus propias opciones) y iv) cruzado (se refiere al efecto de una alternativa en opciones de otra alternativa) (Louviere, et al, 2000).

Por otra parte, en relación al formato que adquieren las preguntas de valoración contingente, existen principalmente tres variantes: i) una pregunta abierta donde se le pide al entrevistado que exprese su máxima disposición a pagar por el cambio en el bien; ii) formulación de preguntas iterativas acerca de la DAP en que el valor de estas depende de la respuesta anterior: el valor puede ser más alto o más bajo en la siguiente pregunta. Este formato se conoce como *bidding*

game y simula un remate donde el entrevistador busca en un listado de valores, aquél que cada individuo le asigna al bien; iii) preguntas dicotómicas o de referendo. Esta consiste en una única pregunta, a la cual el entrevistado sólo puede responder si está o no dispuesto a pagar un determinado valor. Este último es determinado en forma aleatoria para cada entrevista, lo que le crea algunas complicaciones al investigador en su tarea de estimar las medidas de bienestar. Otro punto sensible en esta modalidad es la determinación del rango en que se encontraran estos valores.

Definición de grupos focales

El desarrollo de una sesión grupal con un grupo de individuos representativos de la población por encuestar para validar el instrumento es el primer paso para la aplicación del método de Valoración Contingente. Con él se persiguen los siguientes objetivos:

Explicar el resultado final del cambio que se desarrollarán con el proyecto.

Familiarizarse con el vocabulario que utilizan los afectados para poder consultar sobre sus actividades, decisiones, procesos, etc., en los mismos términos.

Explorar cuál es la medida para cuantificar los daños o beneficios producidos por los proyectos

Explorar los vehículos de pago posibles de implementar.

Determinar el rango de la DAP (alternativamente esto puede obtenerse en las preencuestas)

Formulación de pre-encuestas

Se debe realizar una pre-encuesta con el objetivo de conocer los rangos de la disposición a pagar (DAP) por los atributos ambientales de los recursos hídricos relacionados al estudio. Se recomienda realizar esta pre-encuesta en un universo de entre 10 y 20 personas. Para la aplicación de la pre-encuesta se recomienda una distribución geográfica homogénea y por tamaño de predio.

En cuanto al diseño de la pre-encuesta se plantea dividir los temas por preguntar considerando los siguientes campos:

Introducción de la encuesta, explicando el propósito y quien la realiza.

Situación con relación al problema de las crecidas de ríos, su percepción de los escenarios planteados y los problemas asociados a la actividad agrícola, comercial y habitacional de estos eventos.

Escenario hipotético para levantar valores empíricos de disposición a pagar.

Características personales del encuestado como edad, educación e ingreso.

Diseño de la muestra y aplicación encuesta final

Para el diseño de la muestra se recomienda dividir la zona geográfica para tener de esta manera subconjuntos que posean similares características.

Aplicación encuesta final

Se recomienda realizar el total de las encuestas en 1 ó 2 semanas consecutivas. También se recomienda que el grupo encuestador se aloje cerca de la zona por encuestar para evitar los tiempos de viaje y comenzar a encuestar a primera hora de cada día, para así poder localizar a los agricultores en los predios o a las personas en sus casas en lugares urbanos.

En cuanto a la distribución, se recomienda dividir el grupo encuestador en equipos, contando cada uno con un supervisor y un guía de la zona. Los guías son de gran ayuda, ya que entregan orientación en la búsqueda de los distintos predios en la zona.

La principal dificultad en el trabajo de terreno viene dada por el hecho que las fuentes de información no estén actualizadas y, por lo tanto, se recomienda encuestar a los informantes más relevantes y que tengan cabal conocimiento del tema abordado y que por supuesto, estén dispuestos a responder la encuesta.

Análisis de datos

Los datos recogidos en la encuesta deben ser analizados y procesados para obtener el producto esperado: la DAP por el proyecto. Se pueden distinguir dos etapas principales:

Análisis Estadístico

Se debe realizar un análisis estadístico de los datos recogidos por la encuesta para cada una de las variables, con el objeto de eliminar los datos inconsistentes o fuera de rango aceptable así como las encuestas que no contienen información sobre el escenario hipotético, con lo cual finalmente se dispone de una base de datos consistente y validada.

Análisis Económico

El procesamiento económico de los datos válidos es el paso definitivo y último para obtener la DAP por el proyecto. Primeramente se debe obtener el modelo económico que mejor se ajusta a los datos y luego se deben obtener las ecuaciones económicas que definen la DAP a partir de las variables estadísticamente significativas.

6 – Sistema Tómelo o Déjelo

Una forma particular de plantear la metodología de Valoración Contingente es la aproximación "Tómelo o Déjelo" (Bishop y Heberlein, 1979, 1980), en la cual se cuenta con una serie de precios predeterminados (t_j) que se distribuyen aleatoriamente en distintas encuestas y se pregunta a cada persona encuestada si lo pagaría o no, obteniéndose únicamente una respuesta binaria de SÍ o NO frente a un determinado precio.

Pregunta: ¿Pagaría usted \$ tj por que se realice el proyecto X?

Respuesta a: Sí

Respuesta b: NO

Esta forma sencilla de presentar la pregunta sobre la disposición a pagar facilita el trabajo del encuestador, pues la pregunta es muy simple de formular, y también del encuestado, quien debe emitir un juicio sobre un único precio y decidir si lo toma o lo deja. La principal debilidad que presenta este tipo de obtención de la DAP es que se obtiene sólo un valor discreto por observación, y no el valor máximo, pues una respuesta diciendo que sí pagaría el monto sugerido opera como un mayor o igual, es decir, pagaría dicho monto pero quizás también pagaría un monto mayor. Además, se requiere de muchas encuestas para lograr un buen nivel de precisión estadística (Carson y Mitchell, 1989).

Beneficios medidos a través de la aplicación del Método de Valoración Contingente

Los beneficios incluidos en la DAP se enmarcan en los derivados de la disminución esperada de los costos infringidos al medio-ambiente. Las DAP son calculadas y expuestas en forma aleatoria a cada individuo encuestado, logrando determinar su aprobación o no con el monto X solicitado. Luego de ello se utiliza un valor de seguimiento Y, el cual es operacionalizado con X dependiendo de la respuesta inicial del encuestado: si la respuesta inicial es positiva se utiliza $X+Y$; si la respuesta inicial es negativa se utiliza $X-Y$.

Se obtendrán valores promedios de DAP, que pueden ser filtrados por grupos con características similares. También es posible determinar qué aspectos o variables determinan la disposición a pagar que tiene un individuo por contar con el servicio de defensas fluviales.

Dado que se estimará una función de una DAP en función de variables, es posible estimar DAP diferenciadas con características similares. En este sentido, se podrían estimar "poblaciones tipo" asociadas a una DAP promedio y eso multiplicado por el número de afectados podría entregar una versión simplificada del modelo de valoración contingente.

La metodología de Valoración Contingente es aplicable preferentemente en aquellos casos donde no existe un mercado funcionando que entregue demandas y precios útiles para valorar los beneficios del proyecto.

APÉNDICE L. REGULACIÓN EN INDUSTRIAS CON COSTOS MEDIOS DECRECIENTES DE LARGO PLAZO

En presencia de economías de escala, la condición $P = CMgLP$ no será suficiente para financiar los $CMeLP$ del productor. Por ello, el Estado debería velar porque los precios sean "socialmente deseables" y reduzca las *asimetrías de información*.

La literatura tradicional sobre *second-best pricing* en industrias con $CMeLP$ decrecientes supone información perfecta sobre los costos del productor y sobre los atributos de la demanda y propone tres esquemas para la regulación de precios. La **regulación por tasa de retorno** consiste en valorizar las inversiones en que ha incurrido el oferente, estableciendo un precio que le permita recuperar la inversión realizada, pagar los gastos de operación y recaudar una rentabilidad sobre el capital invertido acorde al riesgo del sector. No obstante, si no se controla el efecto *Averch-Johnson*, que predice que cuando toda la inversión es rentabilizada, los productores tendrán mayores incentivos a sobre-invertir, el precio será *ineficiente*.

La **regulación por price cap**, al igual que la tasa de retorno, se basa principalmente en el funcionamiento de la empresa real, con precios que permanecen constantes en el tiempo y por períodos prolongados. Una vez terminado el período de precios fijos, la autoridad incorporará las reducciones de costos que haya alcanzado la empresa, fijando un nuevo precio por otro período de tiempo. Existe una variante a este modelo que incorpora la reducción de costos que el regulador considera "razonable". Éste se conoce como *Retail Price Index - RPI (RPI-X)*, en el cual los precios se indexan según el Índice de Precios al Consumidor, menos la ganancia de eficiencia que el regulador considera alcanzable durante el período establecido y que tiene un valor de X%. En principio, esta alternativa debería incentivar la reducción de costos, ya que es la manera en la cual los productores podrán obtener rentas. Por otra parte, si los procesos de revisión de precios del modelo de *price cap* se acortan, el modelo se asemejará a la regulación por tasa de retorno en términos de incentivos, puesto que éstos reducirán las posibilidades de capturar las ganancias en eficiencia.

La **regulación por benchmarking** consiste en fijar los precios de cada empresa de acuerdo a los costos observados en otras empresas del mismo sector. Las principales variantes de este modelo son: i) fijar los precios de acuerdo a los costos promedios de la industria y; ii) fijar los precios respecto de un subconjunto de empresas que operan con menores costos. Este modelo genera incentivos para que las empresas puedan operar de manera eficiente, ya que éstas aumentarán su utilidad en la medida que mejoren sus niveles de eficiencia respecto del conjunto de empresas seleccionado. No obstante, la principal

limitación de este modelo es que se vuelve difícil su implementación cuando las condiciones geográficas y/o demográficas son heterogéneas.

APÉNDICE M. PROCEDIMIENTOS DEL CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO