



Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico

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

- Diciembre 2010 -



TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	5
INTRODUCCIÓN	10
1. CAPÍTULO 1. LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS DEL PAÍS	12
1.1. Ministerio de Agricultura	12
1.2. Ministerio de Obras Públicas	14
1.3. Ministerio de Minería	18
1.4. Ministerio de Energía	19
2. CAPÍTULO 2. MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS	21
2.1. Manejo Integrado de Cuencas	21
2.2. Requerimientos y procedimientos a aplicar en la etapa de Manejo Integrado de Cuencas	23
2.3. Tabla de contenidos y productos mínimos para Estudios Integrados de Cuencas	24
2.4. Propuesta de priorización de cuencas.....	26
3. CAPÍTULO 3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO	33
3.1. Manejo Integrado de Cuencas	33
3.2. Etapa de Prefactibilidad	33
3.2.1. Antecedentes técnicos	33
3.2.2. Antecedentes de gestión	37
3.2.3. Condiciones de Avance	43
3.3. Recomendación de proyectos para Factibilidad	45
3.4. Etapa de Factibilidad	46
3.4.1. Antecedentes técnicos	46
3.4.2. Antecedentes de gestión	48
3.4.3. Condiciones de Avance	50
3.4.4. Definición de la forma de ejecución	51
3.5. Diseño Proyectos vía DFL 1.123 o vía Ley De Concesiones	52
3.5.1. Antecedentes técnicos	52
3.5.2. Antecedentes de gestión	53
3.5.3. Vigencia de la Conveniencia Técnico Económica del Proyecto	54
3.6. Aprobación del Proyecto por parte del Consejo de Ministros, Definición de Condición y Modalidad de Ejecución.....	55
3.6.1. Condiciones de aprobación o postergación del Proyecto para ejecución.....	55
3.6.2. Definición de Condiciones de Ejecución; DFL 1.123 o Ley de Concesiones:.....	55
3.6.3. Medidas Previas a la Construcción del Proyecto Mediante DFL 1.1237/1981	56
3.7. Procedimiento de Escritura de Compromiso de Reembolso	57
3.7.1. Antecedentes de Gestión	57

3.8. Ejecución de obras.....	59
3.8.1. Ejecución Vía DFL 1.123.....	59
3.8.1.1. Antecedentes Técnicos.....	59
3.8.1.2. Antecedentes de Gestión.....	64
3.8.2. Ejecución de Obras por Ley de Concesiones	65
3.8.2.1. Marco Legal.....	65
3.8.3. Ejecución de Obras por Modelo de Ejecución de Grandes Obras	67
3.9. Administración De Obras De Riego (Explotación Provisional)	68
3.9.1. Antecedentes Técnicos.....	68
3.9.2. Antecedentes de Gestión	72
3.9.3. Procedimiento de Dictación de Decreto Supremo, Art 10 DFL 1.123	72
3.10. Traspaso de Obras de Riego	74
3.10.1. Antecedentes de Técnicos	74
3.10.2. Antecedentes de Gestión.....	77
4. CAPÍTULO 4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS.....	80
4.1. Valoración Socioeconómica de los Recursos Hídricos	80
4.2. Metodología General de Formulación y Evaluación de Proyectos.....	88
4.3. Metodología de Formulación y Evaluación de Obras de Riego	123
4.3.1. Método del Presupuesto	138
4.3.2. Método del Valor Incremental de la Tierra	149
4.3.3. Método del Mercado de Transacciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas.....	161
4.4. Metodologías de Formulación y Evaluación de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas para Generación Hidroeléctrica	165
4.5. Metodología de Formulación y Evaluación de Obras de Agua Potable	182
4.6. Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Minería	191
4.7. Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Defensa Fluvial	204
4.8. Metodología de Evaluación de los Efectos del Proyecto en el Turismo..	230
4.9. Metodología de Valorización de los Recursos Hídricos como Bien Público (Ambiental).....	237
4.10. Métodos Alternativos para la Medición de Beneficios de los Proyectos de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas: Modelos Empíricos de Valor, Costos Alternativos, Desalación	243
4.11. Metodología de Priorización de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas.	256
4.12. Metodología de Tarifación y Subsidio Focalizado a la Demanda	259
5. CAPÍTULO 5. ADMINISTRACIÓN Y RESPONSABILIDADES GENERALES.....	280
5.1. Comisión Nacional de Riego	280
5.2. Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional de Riego	281

5.3.	Dirección de Obras Hidráulicas.....	282
5.4.	Dirección General de Aguas	284
5.5.	Ministerio de Planificación.....	285
5.6.	Ministerio de Hacienda	286
5.7.	Ministerio de Economía, Fomento y Turismo.....	287
5.8.	Organizaciones de Usuarios de Aguas.....	288
5.9.	Encargado Regional.....	289
5.10.	Comité de Traspasos	290
5.11.	Comité Evaluador del Manual	291
6.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	292
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	294
	ANEXO 1. LÍNEA DE BASE DEL PROYECTO	297
	ANEXO 2. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS	302

RESUMEN EJECUTIVO

Manejo Integrado de Cuencas

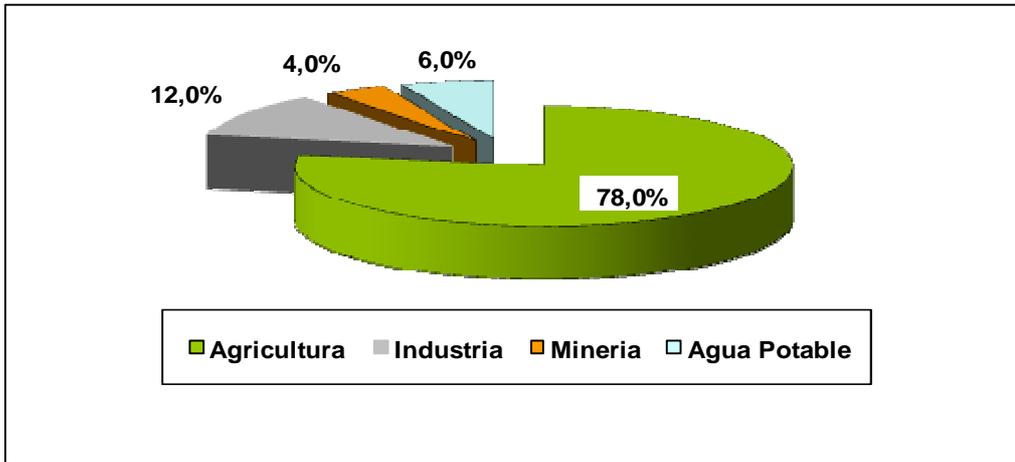
El recurso hídrico destaca como un factor crítico en el desarrollo económico del país. Prácticamente todas las actividades económicas ligadas a recursos naturales utilizan el agua como un insumo fundamental en sus procesos productivos (agricultura, minería y generación de energía, entre otros). Sin embargo, 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 enfoque a utilizar para una gestión sostenible del recurso hídrico es el Manejo Integrado de Cuencas, donde se considera a la cuenca como unidad de planificación, donde se incorpore dentro del análisis las interacciones entre los actores relevantes de la cuenca y los recursos naturales presentes en ella, para desarrollar y aplicar una estrategia de desarrollo socioeconómico sostenible de mediano y largo plazo. En este contexto, la gestión del recurso hídrico considera que éste es un elemento esencial y transversal en la economía nacional y en la sociedad, y que tiene múltiples usos.

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 Obras de Aprovechamiento Hidráulico, el cual incorpora el enfoque de Manejo Integrado de Cuencas 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.

A partir de dicho enfoque, se propone realizar Estudios Integrados de Cuencas, 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, y a partir de ello, proponer un Plan de Acción público-privado donde se definan iniciativas de obras de aprovechamiento hidráulico a nivel de perfil avanzado, con una estimación de requerimiento de recursos, costos, beneficios y superficie beneficiada y toda la información necesaria para que dicha iniciativa pueda pasar a la etapa de Prefactibilidad.

Ciclo de Vida de un Proyecto

En el Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico 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 Obras de Aprovechamiento Hidráulico 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 la los reembolsos asociados a ella. Con esto, se mejora la eficiencia del gasto público en este tipo de proyectos, ya que no son pocas las obras construidas por el Estado que no son traspasadas a los regantes por diversos problemas, con la consiguiente pérdida de eficiencia en el uso de recursos públicos. Asimismo, se espera que con organizaciones de usuarios de aguas constituidas y capacitadas, mejorará la gestión del recurso hídrico. En el Manual, además de describir la ejecución de las obras vía Ley 1.123, se detalla la ejecución vía Ley de Concesiones y el nuevo Modelo de Ejecución de Grandes Obras.

Como se indicó anteriormente, el Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico se elabora bajo un enfoque de manejo integrado de cuencas, 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

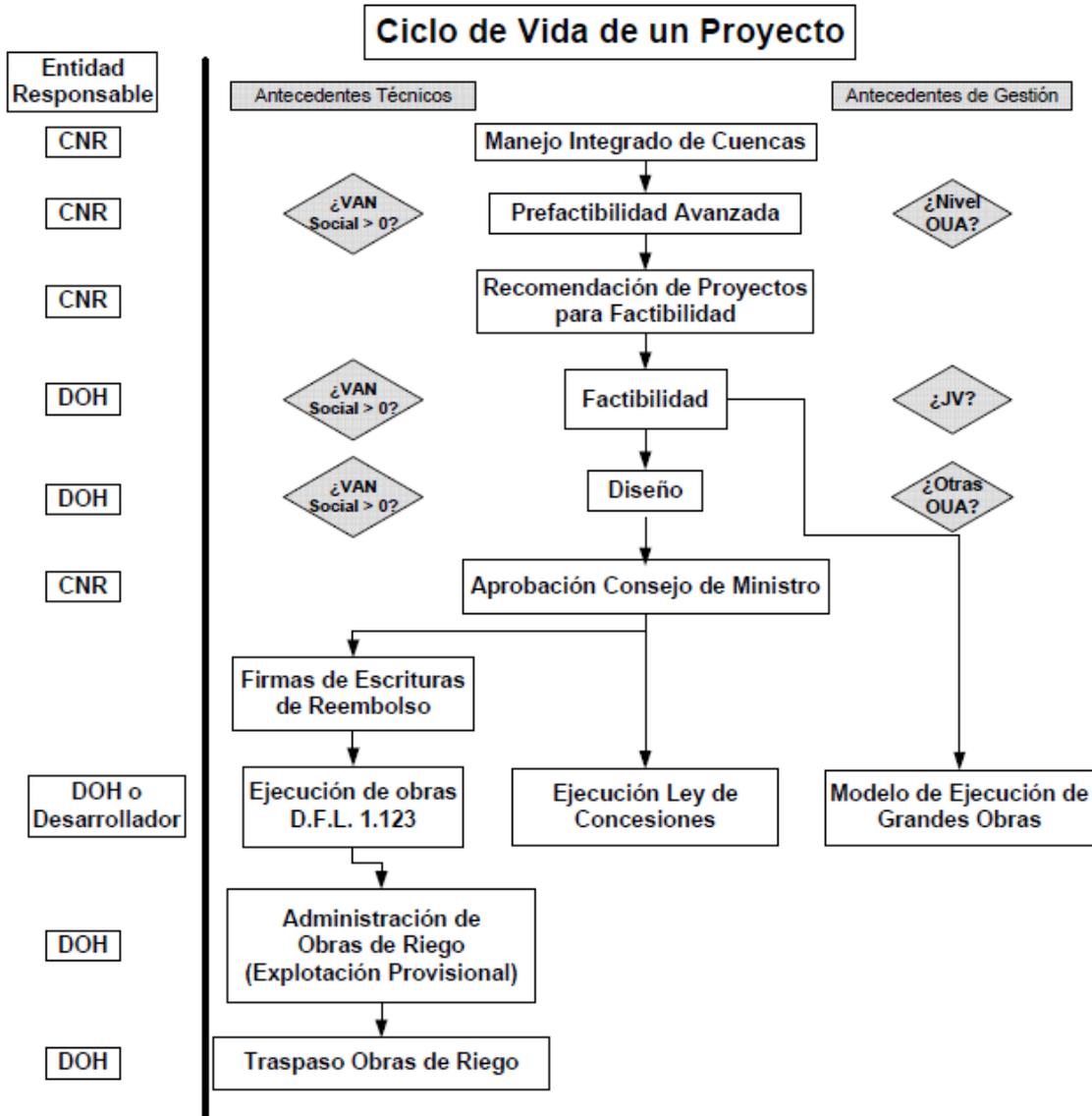
Del mismo modo, en el Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico, se propone una serie de metodologías socioeconómicas que permitirán mejorar el proceso de planificación y evaluación de las obras.

- 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 por 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 Obras de Aprovechamiento Hidráulico 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 ésta corresponde a la primera versión del Manual, el cual está sujeto a revisión y a mejora continua.

INTRODUCCIÓN

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 obras de aprovechamiento hidráulico, 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 Manejo Integrado de Cuencas, 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 “Manejo Integrado de Cuencas”, donde se expone el enfoque utilizado y donde se propone un listado de cuencas deficitarias y los productos mínimos que debe considerar un Estudio Integrado de Cuencas. 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. LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS DEL PAÍS

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 obras de aprovechamiento hidráulico 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 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 obras de aprovechamiento hidráulico. 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 zoonosanitaria 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.

Áreas de servicios

- 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 ingerencia 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.

Competencias legales del Ministerio de Obras Públicas para realizar estudios de preinversión en obras multipropósito

En lo que sigue se analizan las disposiciones legales sobre el tema.

El DFL N° 1.123 de 1981, que establece normas sobre ejecución de obras de riego por el Estado, dispone en el inciso primero de su artículo 3°, que la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH), podrá ordenar la confección del proyecto definitivo si los interesados representan a lo menos el 33% de los nuevos terrenos por regar o el 33% de los derechos de aprovechamiento de agua, cuando se trate de obras de uso múltiple deben manifestar por escrito que aceptan el anteproyecto de las

obras que se desean ejecutar, determinando el costo aproximado de ellas, incluyendo el de los canales derivados.

Por su parte, el Reglamento para la aplicación del DFL N° 1.123/81 establecido por DS N° 285 de 1994 del Ministerio de Obras Públicas, publicado el 11 de enero de 1995, señala en el inciso segundo de su artículo 5° que aquellos usuarios del agua en obras de multiuso que no pertenezcan a una organización de usuarios manifestarán su aceptación u observaciones, por sí o por intermedio de sus representantes legales, comprometiendo sus derechos de aprovechamiento quienes los tengan y/o los futuros derechos de obra que se les otorgarán, de acuerdo al anteproyecto, e indicarán el predio al que se hará la cobranza.

Asimismo, el DFL N°7 de 1983, que creó la Comisión Nacional de Riego, dispone en su artículo 3° que será función del Consejo de Ministros de dicho organismo planificar, estudiar y elaborar proyectos integrales de riego, así como la de supervigilar, coordinar y complementar la acción de los diversos organismos públicos y privados que intervienen en la construcción, destinación y explotación de obras de riego.

Por otra parte, el artículo 5° del mismo cuerpo legal establece que las obras de riego que se ejecuten con fondos fiscales deberán haber sido previamente evaluadas y aprobadas por la Comisión Nacional de Riego. En este sentido, el artículo 1° del DFL N° 1.123 dispone que todas las obras de riego que se ejecuten con fondos fiscales se someterán a las disposiciones de dicha norma.

En consecuencia, la Comisión Nacional de Riego tiene facultades para planificar, estudiar y elaborar proyectos integrales de riego, los cuales, en caso de ser desarrollados con fondos fiscales, deben necesariamente ser ejecutados por la Dirección de Obras Hidráulicas en conformidad con las normas del DFL N° 1.123.

Lo anterior se ve refrendado por lo establecido en el artículo 4° Transitorio del DFL N°7 de 1983, que señala "La Comisión Nacional de Riego podrá acordar que el Ministerio de Obras Públicas venda o traspase a título gratuito las obras de riego construidas por el Fisco a sus beneficiarios, aun cuando ellas no se encuentren concluidas".

En relación con lo expuesto, es necesario tener presente que, el Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego, en su sesión N° 110 de fecha 26 de septiembre de 2000, a requerimiento del Ministerio de Obras Públicas, debatió el tema sobre el cambio de los embalses de propiedad fiscal y/o construidos por el Fisco, a obras de multipropósito.

En esa ocasión se argumentó que en el último tiempo, el uso del recurso hídrico y de las obras de riego estaban orientadas exclusivamente para fines de un sector determinado, generando una pérdida de eficiencia provocada por la ausencia del desarrollo de iniciativas de uso múltiple. Cabe precisar que los proyectos de uso múltiple existentes tienen su origen en acuerdos establecidos hace más de 40 años.

Además, la experiencia internacional y la evidencia técnica permiten sostener que a través de la cuenca se pueden implementar soluciones más eficientes que las alternativas a nivel de cada sector en forma individual. Existen varias iniciativas de aprovechamiento adicional de las obras de riego, tales como, abastecimiento de agua potable, energía, deportes náuticos, turismo, regulación de cauces y crecidas, que deben ser analizadas en la perspectiva del sistema de financiamiento para la construcción de grandes obras de regulación.

Por otra parte, la posibilidad de uso múltiple de los embalses de propiedad fiscal o construidos por el Estado, pueden generar nuevos negocios para los titulares de los derechos de agua del embalse en cuestión. En la actualidad, los derechos de agua son transables, y se ha observado que los derechos de agua originalmente destinados al riego han cambiado de destino, por lo que se hace necesario compatibilizar el uso del agua para otros propósitos.

El Consejo de Ministros, en su sesión N° 111 de 24 de octubre de 2000, adoptó, con la unanimidad de sus integrantes el siguiente acuerdo: "Consagrar, como principio general, la autorización del Consejo para el cambio de uso de todos los embalses de propiedad fiscal y/o construidos por el Fisco a obras de multipropósito, es decir, que éstos pueden utilizarse con fines de abastecimiento de agua potable, riego, energía, turismo y otros, debiendo solicitarse al Consejo la autorización específica para el cambio de uso de cada embalse en particular, quedando supeditada esta autorización específica al debido resguardo para el uso de las aguas a fines de riego".

Este acuerdo fue ratificado por Resolución CNR N° 1318 Exenta de fecha 9 de noviembre de 2000.

Con posterioridad, el Consejo de Ministros ha declarado los siguientes embalses como obras de multipropósito:

- 1.- Embalse Santa Juana, comuna de Huasco, Región de Atacama. Acuerdo de Consejo adoptado en la sesión N° 119 del 3 de septiembre de 2003, ratificado por Resolución CNR N° 2061 Exenta de fecha 22 de septiembre de 2003;
- 2.- Embalse Puclaro, comuna de Elqui, Región de Coquimbo. Acuerdo de Consejo adoptado en la sesión N° 120 del 7 de enero de 2004, ratificado por Resolución CNR N° 198 Exenta del 3 de febrero de 2004;
- 3.- Embalse Ancoa, Región del Maule. Acuerdo de Consejo adoptado en la sesión N° 133 del 16 de mayo de 2007, ratificado por Resolución CNR N° 41 del 12 de junio de 2007, tomada razón por la Contraloría General de la República con fecha 4 de julio de 2007;
- 4.- Embalse Paloma, Región de Coquimbo. Acuerdo de Consejo adoptado en la sesión N° 136 del 18 de febrero de 2008, ratificado por Resolución CNR N° 1282 Exenta del 14 de abril de 2008; y

5.- Embalse Convento Viejo, Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Acuerdo de Consejo adoptado en la sesión N° 138 del 24 de octubre de 2008, ratificado por Resolución CNR N° 3687 Exenta del 10 de noviembre de 2008.

En mérito de lo expuesto, la disposición legal y reglamentaria transcrita, los acuerdos citados del Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego y las resoluciones pertinentes que los ratifican, la Dirección de Obras Hidráulicas del MOP tiene la facultad legal para ordenar la confección de proyectos definitivos de obras de uso múltiple, es decir, que puedan ser utilizados con fines de abastecimiento de agua potable, riego, energía, turismo u otros, sin perjuicio de las restricciones que existan sobre los procedimientos por los cuales se pueda encargar dicha confección.

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. MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS

2.1. Manejo Integrado de Cuencas

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 manejo integrado de las cuencas hidrográficas**, permitiendo la optimización del recurso hídrico entre usos múltiples y competitivos;
- b. La **construcción de embalses** 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 la Comisión Nacional de Riego (CNR) y a otras organizaciones, involucradas en la institucionalidad del sector hídrico nacional, preparar un Manual para Obras de Aprovechamiento Hidráulico, 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 hídrica a nivel de las cuencas y la identificación de ideas de posibles proyectos a nivel de

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.

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 manejo integrado de cuencas, 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 manejo integrado de cuencas bajo el cual está confeccionado el presente manual. Luego se presenta el temario mínimo que los Estudios Integrados de Cuencas deben considerar, junto con los productos mínimos 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.

El manejo integrado de cuencas y la gestión de los recursos hídricos está en proceso de evolución y aún los actores del sector hídrico nacional están buscando un acuerdo sobre los contenidos y alcances que se deberían dar a este concepto, para hacerlo operativo y lograr formular una estrategia para su aplicación.

El manejo integrado de recursos hídricos a nivel de cuencas es una aspiración contenida en las estrategias de desarrollo de todas las regiones del país, por lo que las propuestas del Manual podrán generar nuevos incentivos para avanzar en la estructuración de una gestión que optimice el uso sostenible del recurso hídrico. Entre otros elementos, la gestión debe incorporar la realidad de la variabilidad hidrológica, la naturaleza del ciclo hidrológico, la proyección de la variabilidad futura motivada por el cambio climático y incremento esperado de la demanda por el recurso hídrico por parte de los diferentes sectores económicos, así como los problemas particularmente locales asociados al uso de los recursos hídricos.

Una de las acciones relevantes que está desarrollando la Dirección General de Aguas (DGA) es la formación de Mesas Regionales del Agua, instancias de participación pública y privada orientadas a identificar las necesidades y problemas en el territorio, originadas en el uso de los recursos hídricos y las necesidades derivadas del resguardo del medio ambiente.

2.2. Requerimientos y procedimientos a aplicar en la etapa de Manejo Integrado de Cuencas

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

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 mínimos que se deben presentar en los Estudios Integrados de Cuencas.

Cabe recalcar que el Estudio Integrado de Cuencas concluye con la identificación y desarrollo de perfiles de proyectos de aprovechamiento hidráulico con un nivel especificaciones técnicas que permitan dejar los antecedentes necesarios para continuar con la etapa de Prefactibilidad.

2.3. Tabla de contenidos y productos mínimos para Estudios Integrados de Cuencas

1. Caracterización de cuenca

a. Geográfica

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

c. Económica

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

f. Infraestructura

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

g. Organizaciones de Usuarios de Aguas y Derechos de Aprovechamiento de Aguas

Productos mínimos: 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 OUs.

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 mínimos: 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 mínimos: 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 Canalistas.
 - iii. Comunidades de Aguas.
 - iv. Representantes institucionales: DGA, DOH, CNR, INDAP, SAG, CONAMA.

Productos mínimos: 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 mínimos 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 mínimos: 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 mínimos: 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 mínimos: 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 mínimos: elaboración de iniciativas a nivel de perfil avanzado para obras de aprovechamiento hidráulico, 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 definir las, 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.

A continuación se presenta la priorización de cuencas deficitarias, la cual proviene del cruce de información de ambos estudios. En la Tabla 1 se presenta el

listado de cuencas deficitarias, los ámbitos deficitarios y los proyectos localizados en dichas cuencas.

Tabla 1. Cuencas deficitarias.

Cuenca	Ámbito deficitario	Proyecto
Río Lluta	Riego y Agua Potable	Embalse Chironta
San José de Azapa	Riego y Agua Potable	Embalse Livilcar
Pampa del Tamarugal	Riego, Agua Potable y Minería	Embalse Pintanane
	Riego, Agua Potable y Minería	Embalse Sibaya
Salar de Atacama	Minería	Embalse Reg. Río San Pedro
Río Loa	Riego, Agua Potable y Minería	Embalse Quillagua
	Riego, Agua Potable y Minería	Embalse Ayquina
	Riego, Agua Potable y Minería	Embalse Río Salado
Río Copiapó	Riego, Agua Potable y Minería	Embalse Río Pulido
Río Petorca	Riego y Agua Potable	Embalse Pedernal
Río Petorca	Riego y Agua Potable	Embalse Las Palmas
Río La Ligua	Riego y Agua Potable	Embalse Alicahue
Río La Ligua	Riego y Agua Potable	Embalse Los Ángeles
Río Aconcagua	Riego, Energía y Minería	Embalse Chacrilas
Río Aconcagua	Riego, Energía y Minería	Embalse Puntilla del Viento
Río Aconcagua (Subcuenca Aconcagua Bajo)	Riego y Energía	---
Río Maipo (Subcuenca Mapocho)	Agua Potable	---

Fuente: elaboración propia (2010) basado en Ayala y Cabrera (2007) y Departamento de Estudios Hídricos de la Universidad de Concepción (2010).

La información presentada en la Tabla 1 no quiere decir en ningún caso que no existan otras cuencas con problemas de escasez hídrica. Sin embargo, en las cuencas que no aparecen en el listado se propone realizar Estudios Integrados de Cuencas debido a que no se poseen antecedentes para poder realizar una priorización basada en criterios técnicos.

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.

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.

Figura 3. Déficit Hídrico por Cuenca a nivel país.

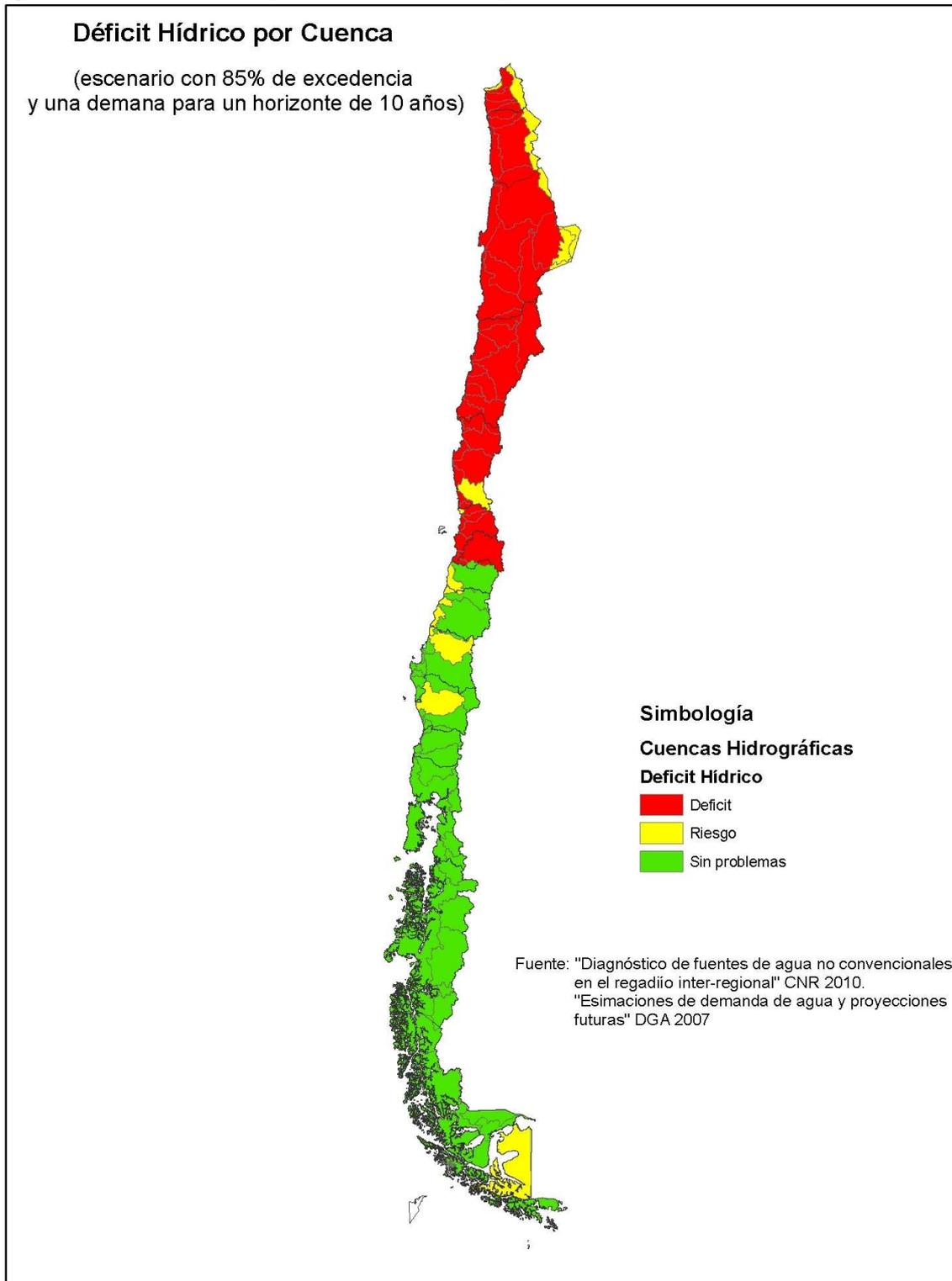


Figura 4. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones XV, I y II.

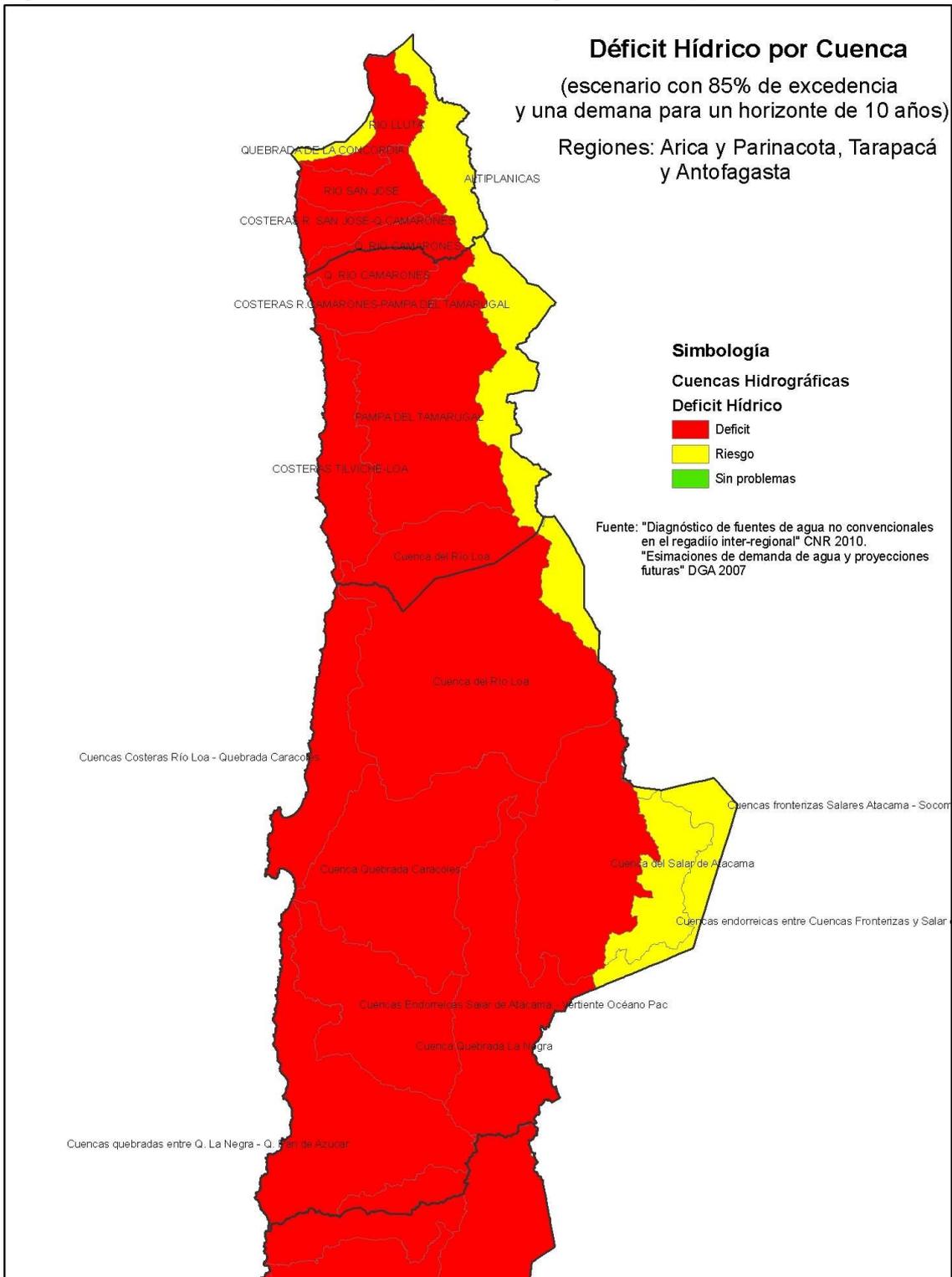


Figura 5. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones III y IV.

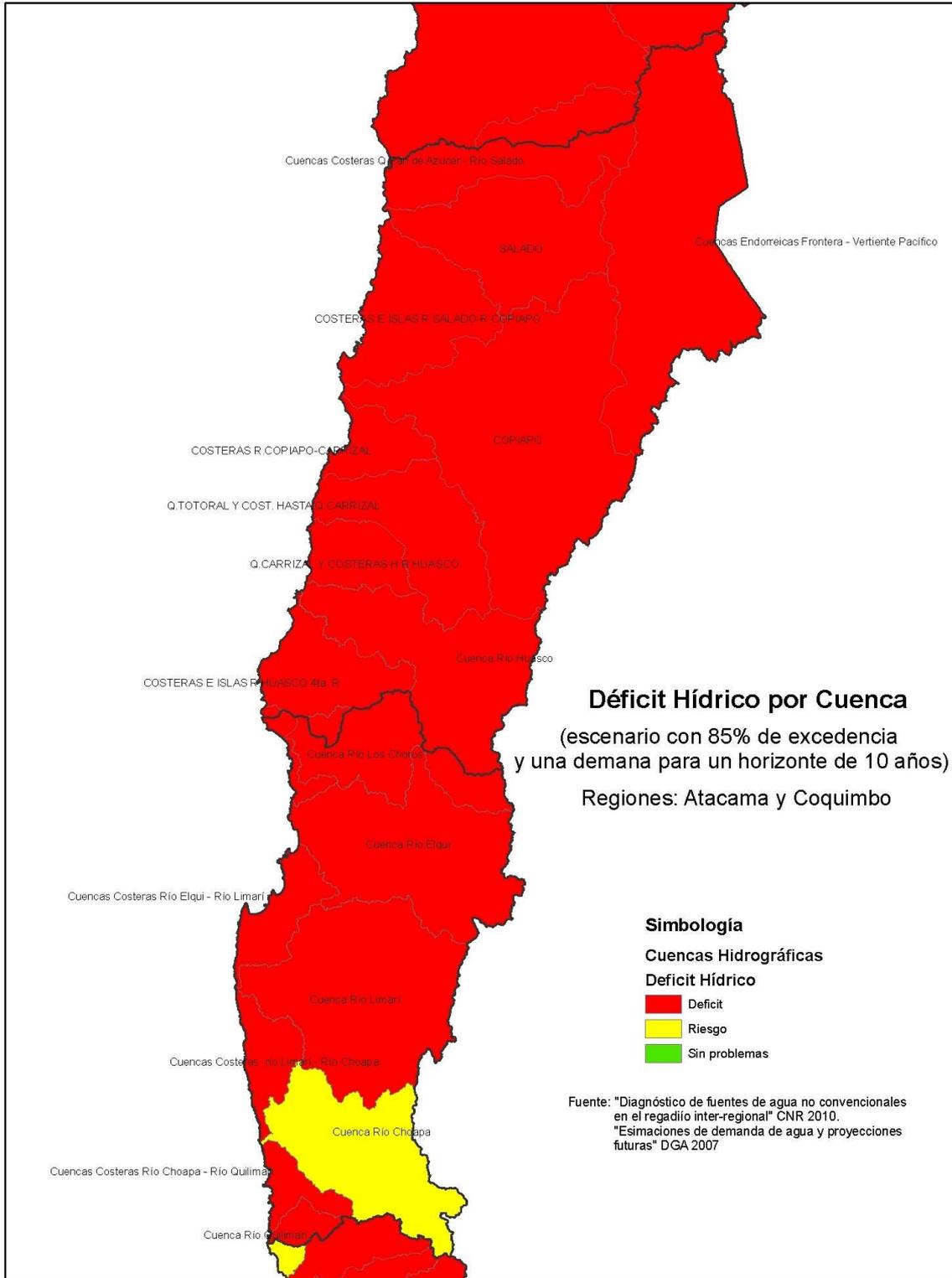


Figura 6. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones V, RM, VI, VII, VIII y IX.

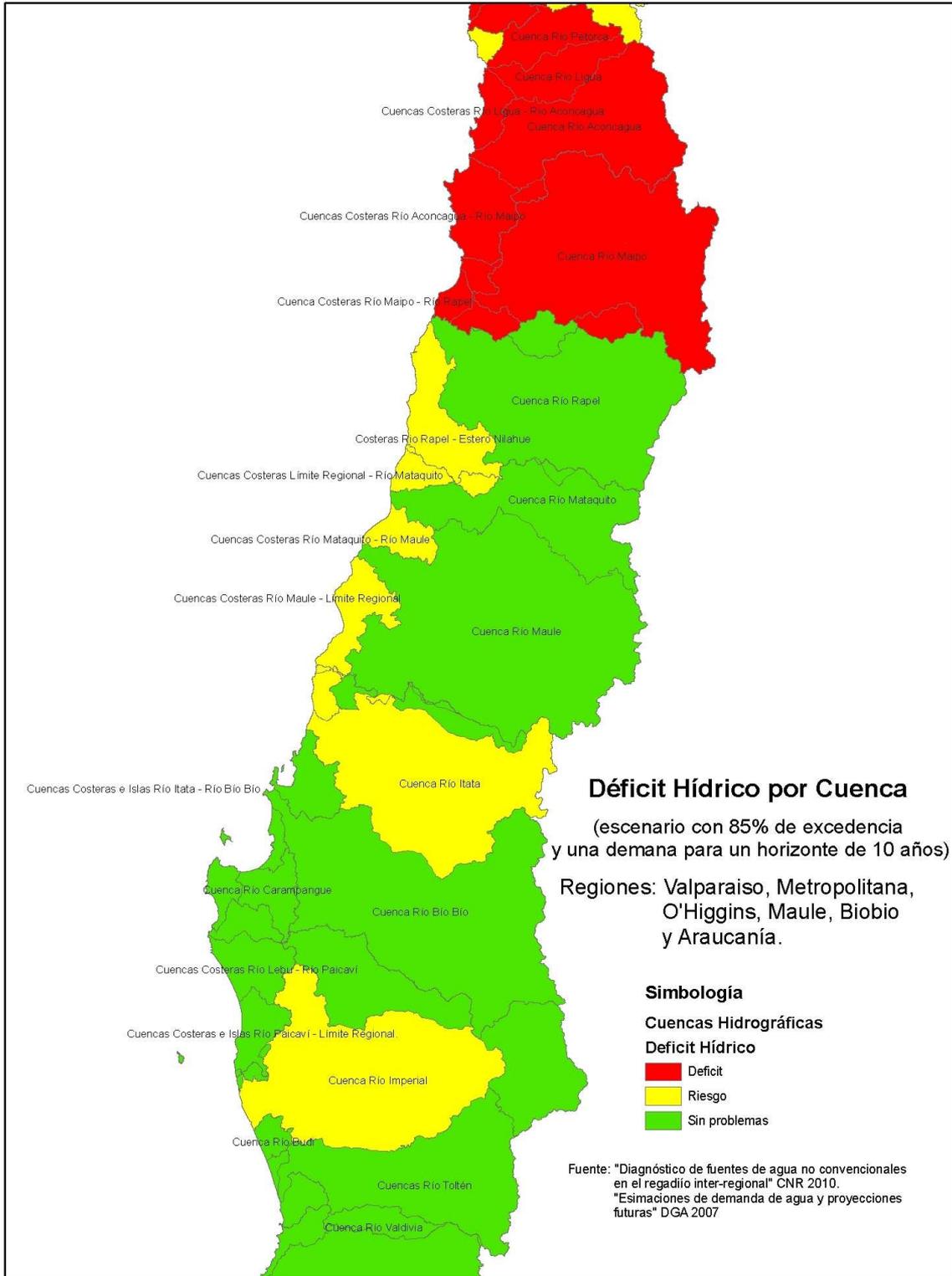
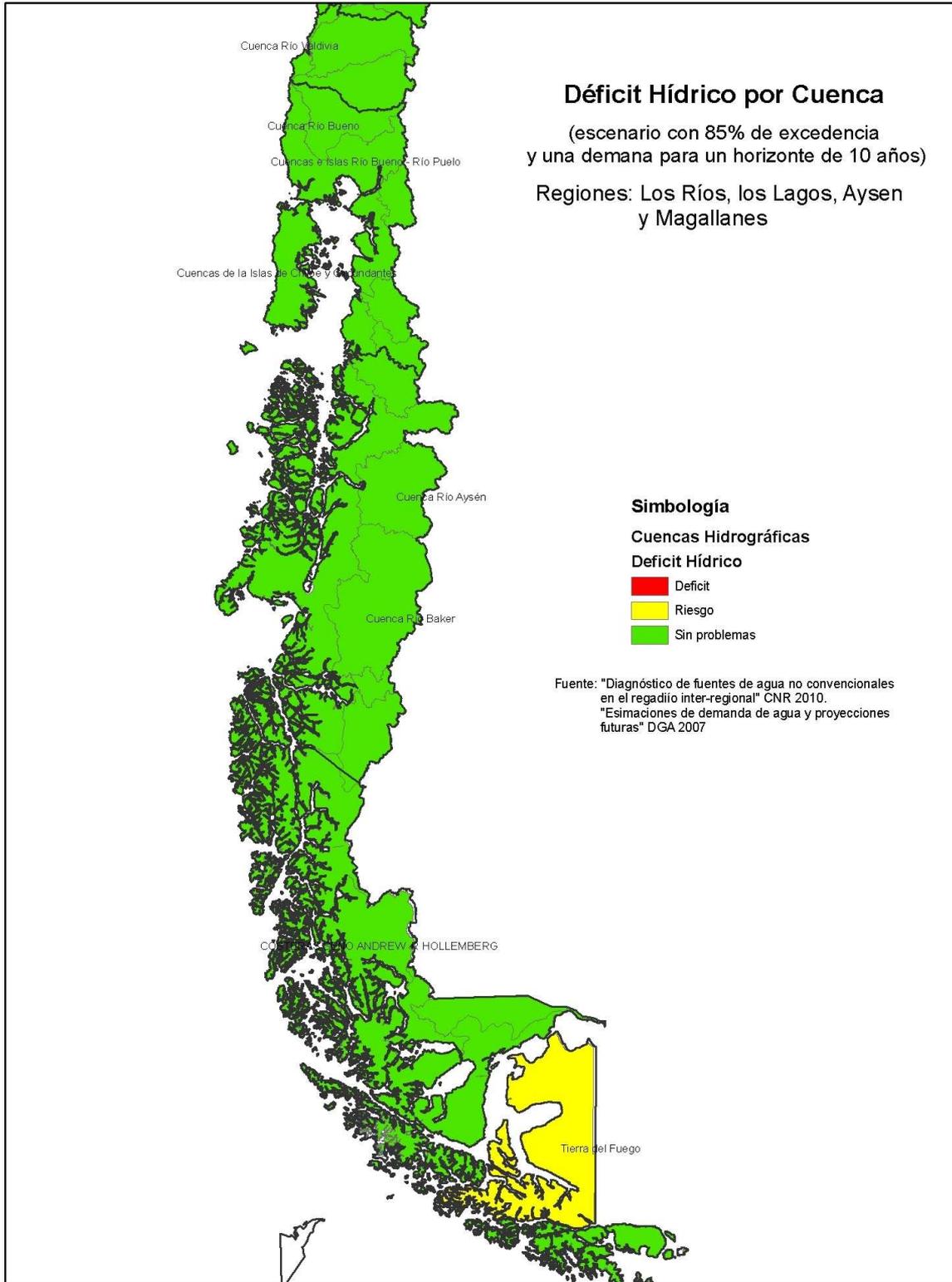


Figura 7. Déficit Hídrico por Cuenca para las regiones XIV, X, XI y XII.



3. CAPÍTULO 3. CICLO DE VIDA DE UN PROYECTO

3.1. Manejo Integrado de Cuencas

El ciclo de vida de un proyecto comienza a partir del Manejo Integrado de Cuencas, enfoque que considera la unidad de planificación y análisis sea la cuenca. A partir de dicho enfoque, se propone realizar Estudios Integrados de Cuencas, 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, y a partir de ello, proponer un Plan de Acción público-privado donde se definan iniciativas de obras de aprovechamiento hidráulico a nivel de perfil avanzado, con una estimación de requerimiento de recursos, costos, beneficios y superficie beneficiada y toda la información necesaria para que dicha iniciativa pueda pasar a la etapa de Prefactibilidad.

Más detalles del Manejo Integrado de Cuencas y de los Estudios Integrados de Cuencas se encuentran en el Capítulo 2.

3.2. 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 Cuencas. 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.

3.2.1. 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 fundamentales a estudiar y que deben estar contenidos en el Informe de Prefactibilidad son:

- Aspectos Legales y Administrativos
 - Análisis de los derechos de aguas y de los terrenos que se afectarán por la ejecución del proyecto.
 - Organización de beneficiarios.
 - Catastro de derechos de aprovechamiento y análisis de costos asociados.
 - 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).

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

Desarrollo de las alternativas de solución

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

- La evaluación técnica y económica de las alternativas de Solución y
- Optimización de 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.

³ Requisitos de Información para Proyectos. MIDEPLAN. SNI.

- 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
- 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.

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

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

3.2.2. 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, en relación a la gestión administrativa, es necesario determinar el interés por las obras de parte de los regantes. Si no hay, 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 deben recopilar antecedentes tales como las inscripciones conservatorias en los Registros de Aguas, escrituras públicas, posesiones efectivas y toda aquella documentación legal o administrativa que sirvan para diagnosticar la legalidad.

Se entiende por Derecho de Aprovechamiento de Agua en Forma, a 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 para su eficacia, 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, aquel cuyo título proviene de una sentencia judicial dictada en conformidad al procedimiento de regularización de derechos de aprovechamiento de aguas, regulado por el artículo 2º Transitorio del Código de Aguas.

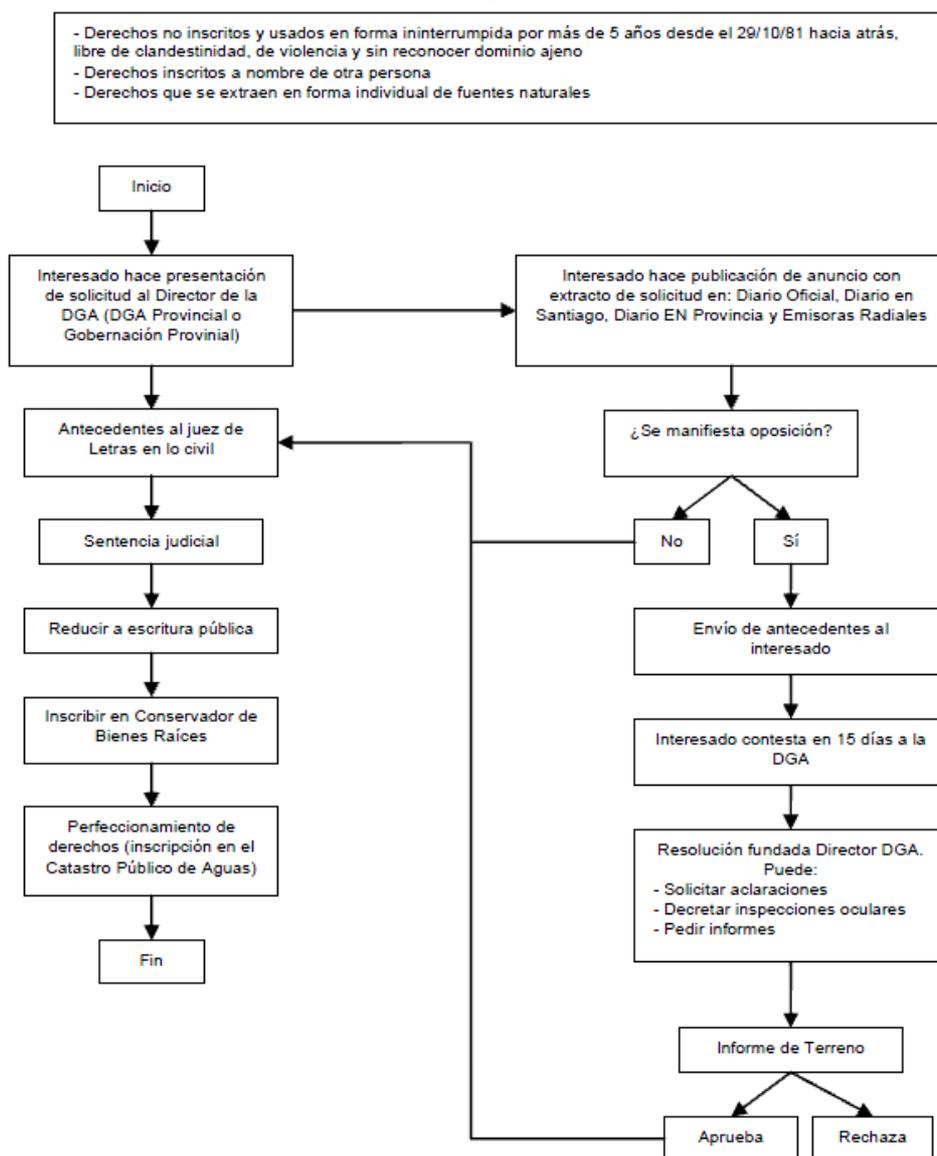
Se señala como Derecho de Aprovechamiento de Aguas Perfeccionado aquel cuyo título contiene todas las características establecidas por el Código de Aguas, por haber sido complementado en conformidad al procedimiento dispuesto en el Reglamento del Catastro Público de Aguas, establecido por el Decreto 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 menciones antes indicadas.

Existen distintos procedimientos administrativos y judiciales para regularizar DAA señalados en el Código de Agua. Actualmente encontramos tres artículos que

establecen estos procesos, los cuales serán aplicables dependiendo de las características del DAA y si cumple o no con los requisitos establecidos.

Figura 8. Fases de Procedimiento para Regularizar Derechos de Aprovechamiento de Aguas.



Fuente. Elaboración propia, 2010.

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 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 (Junta de Vigilancia, 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:

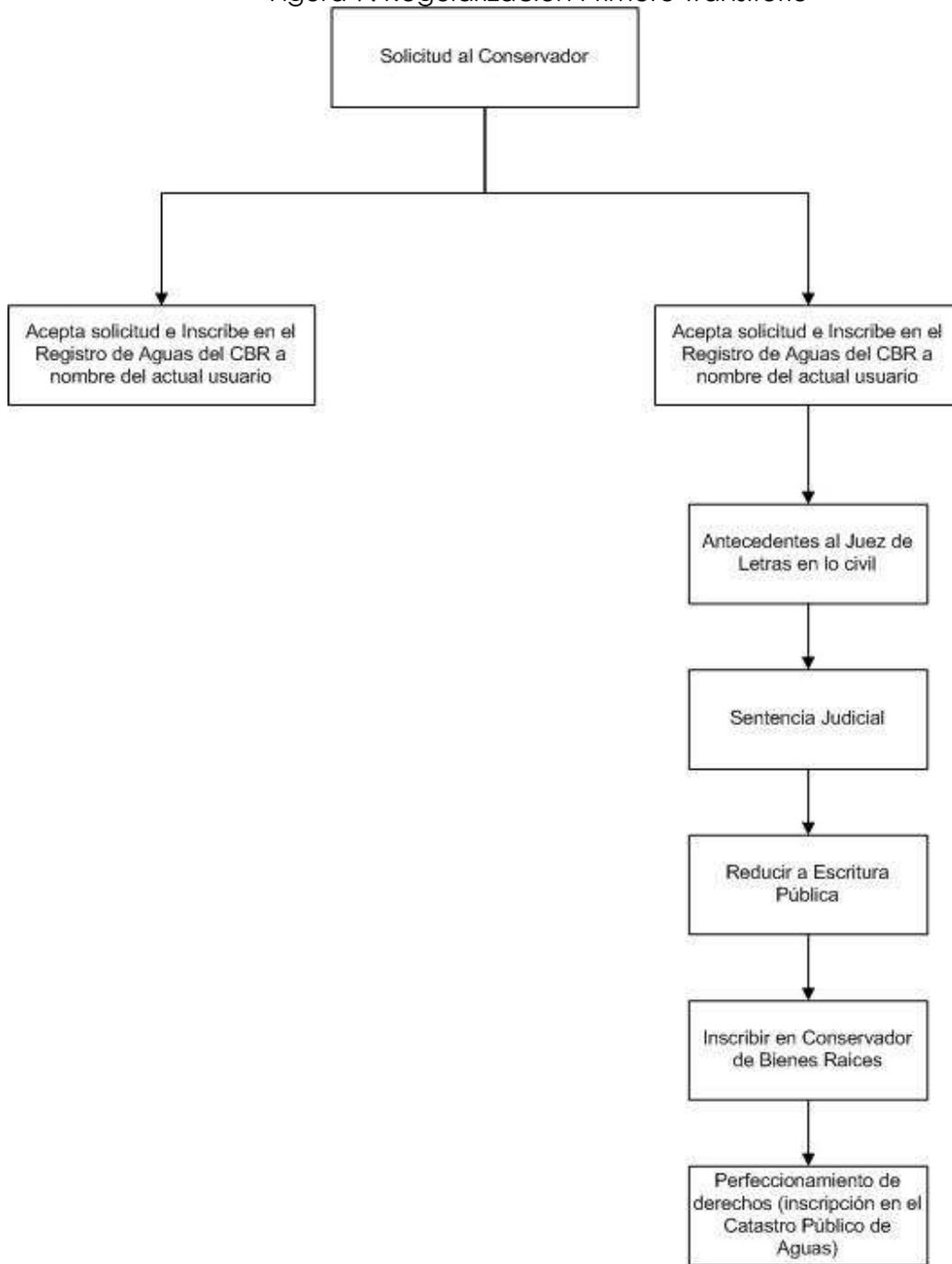
- a. Estudio de títulos, que implica la revisión en el CBR de todas las inscripciones individuales hasta el usuario actual.
- b. Preparación de la solicitud, su presentación e ingreso al CBR.
- c. Inscripción de cada uno de los títulos.

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 9. Regularización Primero Transitorio



Fuente. Elaboración propia, 2010.

ii. 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 interrumpidos 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 de 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.

iii. 5º 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 notaría 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.

3.2.3. 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.
- Diagnóstico acerca de los usos legales e ilegales del recurso hídrico.
- Catastro de OUA que funcionan organizadas formal e informalmente.
- Diagnóstico del grado de regularización y de perfeccionamiento de derechos individuales.

- **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.

3.3. 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.

3.4. Etapa de Factibilidad

3.4.1. 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.

3.4.2. 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, 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 individuales

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 secano con nuevos derechos

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

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

3.4.3. 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 individuales 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

3.4.4. Definición de la forma de ejecución

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 previamente para avanzar a la etapa de diseño, y que el Consejo de Ministros determine si el proyecto continúa vía Modelo para Grandes Obras de Riego 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 para Grandes Obras de Riego, o si el Estado debe financiar dichas etapas, si se considera desarrollar el proyecto vía DFL 1.123 o la Ley de Concesiones.

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 Individuales

A través de las organizaciones existentes, tales como Juntas de Vecinos y Comunidades de Aguas u otras Organizaciones de Regantes, se informa a la comunidad beneficiaria del estado de avance del proyecto y se comunican mecanismos de acción concreta que entrega el Estado (bono del agua 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 generar 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

3.8.1.1. 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.

3.8.1.2. 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”.

Acciones normadas

Respecto de la ejecución de las obras civiles éstas quedan establecidas tanto en la propia Ley como en su Reglamento.

En la Ley, el Art. 22° establece en su numeral 5 que “La construcción de la obra no podrá interrumpir el tránsito en caminos existentes. En el evento de que la interrupción sea imprescindible, el concesionario estará obligado a habilitar un adecuado tránsito provisorio.

El reglamento indica con detalle las siguientes acciones que se hallan en el Título VIII “Del Desarrollo del Contrato de Concesión”.

Se destaca las acciones relacionadas con las Etapas de Construcción en los artículos 49° al 53°.

- Etapa de Construcción (Art. 49°).
- Ejecución de la Obra (Art. 50°).
- Inicio de la Construcción de las Obras y Declaraciones de Avance, (Art. 51°).
- Cumplimiento de Plazo (Art. 52°).
- Inversión o Construcción por Etapas⁵ (Art. 53°).

En el Art N° 49 se define la etapa de construcción como sigue: La etapa de construcción, si la hubiere, comenzará con los estudios de ingeniería si procedieren y con el inicio de la ejecución de las obras de acuerdo con lo estipulado en el contrato de concesión y finalizará con la puesta en servicio provisoria de la obra según lo hayan definido las bases de licitación. Dicha etapa

⁵ Deben quedar establecidas en las Bases de Licitación.

estará regida por lo dispuesto en el Reglamento y por las respectivas bases de licitación y comprenderá:

- La realización de los estudios previstos en las bases de licitación, documentos elaborados por el MOP.
- La construcción de las obras señaladas en las bases de licitación.
- El mantenimiento y reparación de las obras preexistentes en el estándar que dispongan las bases de licitación, desde el inicio del contrato.
- El uso y goce sobre bienes nacionales de uso público o fiscales destinados a desarrollar la obra entregada en concesión.
- El uso y goce sobre bienes nacionales de uso público o fiscales destinados a áreas de servicios conforme a lo estipulado en el artículo 32° del DS MOP N° 900 de 1996.

Respecto de ejecución de la obra el Art. 50° establece que:

1. La obra se ejecutará conforme a lo previsto en las bases de licitación y oferta del adjudicatario. Para tal efecto, la sociedad concesionaria deberá presentar para la aprobación del inspector fiscal, todos los documentos exigidos en aquellas.
2. Cuando la obra se realice en un bien nacional de uso público, el concesionario deberá garantizar su uso ininterrumpido. Para estos efectos podrá solicitar al inspector fiscal, bajo exclusiva responsabilidad de la sociedad concesionaria, el funcionamiento de las obras ejecutadas, quién podrá autorizarlo sin que, en ningún caso, esto implique una autorización para iniciar el cobro de tarifas. La sociedad concesionaria deberá mantener, a su costo, operables para todo tipo de usuarios, los bienes nacionales de uso público o variantes por los que fuere necesario desviar el uso a causa de la ejecución de las obras contratadas.

El Art. 51° se refiere al "Inicio de la Construcción de las Obras y Declaraciones de Avance".

Las bases de licitación podrán establecer plazos máximos para el inicio de la construcción y avances de la obra y determinar las sanciones que correspondan en caso de retraso en los mismos.

El Art. 52° se refiere al "Cumplimiento de Plazo" según los numerales 1, 2 y 3.

1. El concesionario está obligado a concluir las obras y ponerlas en servicio en las fechas y plazos totales o parciales que se indiquen en las bases de licitación o en las determinadas en su oferta, según corresponda. Las bases de licitación indicarán sanciones y/o multas a beneficio del MOP por los incumplimientos, según el caso.

2. Si durante la construcción de la obra se produjeran atrasos ocasionados por caso fortuito o fuerza mayor, la sociedad concesionaria deberá presentar al inspector fiscal su justificación por escrito, dentro de los siguientes 30 días desde que se hayan producido y, en todo caso, dentro del plazo vigente; cumplido este periodo no se aceptará justificación alguna. El DGOP, previo informe del inspector fiscal, analizará las razones invocadas por el concesionario para justificar el atraso, y decidirá la aceptación o rechazo de la ampliación de plazo.
3. Cuando el retraso en el cumplimiento de los plazos parciales o del total, fuere imputable al Fisco, el concesionario gozará de un aumento en el plazo de la construcción igual al período de entorpecimiento o paralización, sin perjuicio de las compensaciones que procedan.

El Art. 53º se refiere a la "Inversión o Construcción por Etapas" según los numerales 1 y 2.

1. Las bases de licitación deberán establecer si la inversión y la construcción se realiza en una o varias etapas, durante el periodo de vigencia del contrato de concesión, de conformidad al cumplimiento de los niveles de servicio previamente establecidos, así como los plazos y condiciones a que ellas se sujetarán.
2. Las bases de licitación deberán determinar claramente los plazos y condiciones que pueden dar lugar a la realización de construcciones o inversiones y si éstas dan o no lugar a modificación del régimen económico del contrato, estableciendo claramente a qué condiciones afectaría y cómo se cuantificaría dicha modificación. En caso que nada dispongan las bases se entenderá que las inversiones o construcciones no darán lugar a la revisión del régimen económico.

3.8.3 Ejecución de Obras por Modelo de Ejecución de Grandes Obras

Actualmente, se está preparando un modelo de ejecución de grandes obras, el cual se encuentra en estado de desarrollo y no se cuenta todavía con una descripción precisa de sus procedimientos. De todas maneras, esta tercera vía de ejecución será incluida en el Manual cuando el material esté validado.

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.

Confeción Manual de Operación y Mantenición 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.

Los principales aspectos desarrollados en un manual de operación y mantención 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 Mantención 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 Canalistas 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 de 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 el 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 el Registro de Aguas, también se inscribe la hipoteca a favor del fisco y la prohibición de enajenar sin autorización de la DOH.

Confeción 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 N° 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.

Decreto Supremo Art. 10 del DFL N° 1123:

Corresponde al documento que conforme a la ley fija la zona beneficiada de la obra, las condiciones de reembolso y traspaso de la propiedad de la obra a la Organización de Usuarios correspondiente. Fija el costo reembolsable, el subsidio general, plazo de reembolso etc.

Escritura Pública de Reembolso y Cesión de Derechos de Aprovechamiento de Aguas:

Documento cuyo formato fue aprobado por el Consejo de Ministros de la Comisión Nacional de Riego, puede ser para persona natural (casado en sociedad conyugal o con separación de bienes) o jurídica, 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.), con modalidad de pago al contado o al crédito.

Formulario 10 Tesorería General de la República:

Documento de Tesorería utilizado para la recaudación, entre otros conceptos, las deudas de riego, si el regante optó por la modalidad de pago al contado una vez confeccionada la escritura de reembolso y cesión de derechos de aprovechamiento de aguas, se completa el Formulario N° 10 de la Tesorería, con

el cual el usuario debe cancelar el total de la deuda a la Tesorería o Banco comercial habilitado para ello. Copia del documento queda en archivo DOH.

Listado de deudores con deuda fiscal por concepto de obra de riego:

Listado de los regantes que optaron por la modalidad de pago a crédito, contiene los datos de identificación del regante, domicilio y monto de la deuda por concepto de intereses y por concepto de pago de capital e intereses.

Informe de Recaudación de Tesorería por deudas de riego:

Reporte emitido por Tesorería General de la República, que contiene información global de la recaudación total por concepto de deudas de riego.

Base de datos con cálculo de deuda:

Planilla elaborada por la Dirección de Obras Hidráulicas, que con los datos del Decreto Supremo permite determinar los montos globales de recaudación fiscal por concepto de reembolsos y también calcular las deudas por concepto de intereses y capital más intereses según número de acciones.

Reuniones participativas con regantes:

Reuniones organizadas por la DOH con la Organización de Usuarios, para explicar aspectos de la escritura de reembolso, las modalidades de pago y cobro por Tesorería.

Entrevistas personales para completar Formulario N° 10 de la Tesorería General de la República:

Para los regantes que optan por pago al contado se llena el Formulario N°10 de la Tesorería General de la República efectuando el descuento por pago anticipado. Una vez cancelada la deuda DOH entrega baucher que habilita al regante para firmar escritura en Notaría.

Reuniones de coordinación con Tesorería General de la República:

Reuniones de carácter permanente entre DOH y Tesorería para fijar procedimientos y documentación a utilizar.

Oficio DOH a Tesorería que remite listado de deudores:

Documento mediante el cual el Director Nacional de la Dirección de Obras Hidráulicas informa a la Tesorería General de la República, la nómina de regantes que adquirieron una deuda de riego. Se adjunta listado de deudores y se designa contraparte de la DOH para apoyar el proceso de cobranza, conforme a los acuerdos que se adquieren ambas instituciones en reuniones de coordinación permanente.

4. CAPÍTULO 4. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE EMBALSES Y OBRAS HIDRÁULICAS ANEXAS

El agua es un recurso escaso y se requiere en el proceso de producción de diferentes bienes que compiten por su uso, entre ellos agricultura, minería y otros usos industriales, agua para consumo humano, hidro-generación, turismo y otras. Ello implica que para evaluar un proyecto cuyo objetivo es poner a disposición una mayor cantidad de agua, mejorar la calidad o la oportunidad de utilizarla, es esencial indicar los objetivos que se desean alcanzar. Algunos proyectos pueden tener una única finalidad, como las destinadas a mejorar la aplicación de agua. Otros pueden tener propósitos múltiples, como puede ocurrir en el caso de una presa, que puede tener como objetivo la mejora de la disponibilidad hídrica para riego en la zona de influencia, la producción de electricidad y/o el desarrollo del turismo en la región. Cabe destacar no obstante, que el propósito de riego está presente en la mayoría de los proyectos.

El documento que se desarrolla en adelante tiene por objetivo poner a disposición de los usuarios vinculados a la planificación y gestión de los recursos hídricos, una metodología para la formulación y evaluación de los proyectos en los que el agua se considera un recurso productivo.

Los contenidos se han desarrollado sobre la base de los lineamientos de aumentar la eficiencia en el aprovechamiento y uso del agua y sobre el marco teórico y conceptual de diversos métodos para la evaluación socioeconómica de proyectos. En este sentido, la metodología ha incorporado y ampliado el escenario de métodos con el fin de que los resultados obtenidos acerca de la rentabilidad de los diferentes proyectos cuenten con un sólido respaldo técnico al momento de su revisión y análisis por parte de las autoridades respectivas.

4.1. Valoración Socioeconómica de los Recursos Hídricos

Los recursos naturales, así como el resto de recursos con los que dispone la sociedad son susceptibles de ser valorados económicamente. Para esto es necesario que los derechos de propiedad estén claramente definidos, que se cuenten con los mecanismos de asignación adecuados y que los individuos cuenten con los incentivos necesarios para utilizar de la mejor manera los recursos con los que cuentan. Cuando estos requisitos se cumplen, el mecanismo de mercado es el más eficiente en la asignación del recurso, ya que minimiza el costo social y se garantiza el mayor beneficio.

Sin embargo, en el caso de los recursos naturales, como el agua, no se cumplen varios de los requisitos para utilizar el mecanismo de mercado. En estas circunstancias, los economistas han buscado métodos alternativos de valoración de los recursos, es decir, cuando no existe un mercado para los recursos naturales, como en el caso del agua. Estos métodos tratan de incorporar los conceptos

subjetivos de los recursos naturales, aun cuando estos conceptos pueden ser incorporados en el derecho de propiedad y seguir utilizando mecanismos de mercado.

En este contexto, el agua podría clasificarse como un recurso renovable o no renovable, como bien final de consumo o como bien intermedio. La clasificación se basa principalmente en el tipo de consumo pero también en el "tipo" de agua de la que se esté hablando. Esto proviene del hecho de que el agua superficial posee características especiales en comparación al agua subterránea. En el caso del agua superficial, se puede hablar de uso consuntivo (no renovable o bien final de consumo) o de uso no consuntivo (renovable o bien intermedio de consumo).

Los acuíferos pueden considerarse, según el caso, como renovables o no renovables. En este caso la definición depende en gran medida de la tasa de recarga del acuífero. Por lo tanto el manejo que se le dé al acuífero puede ser la diferencia entre un recurso natural renovable de uno no renovable. En ambos, la definición del recurso es fundamental para la asignación de un precio. Mientras más escaso sea el recurso y más destructivo sea el uso, mayor será el precio, en cambio los usos no consuntivos o no destructivos pueden asignar un precio bajo para el agua. No se puede dejar de considerar que en la asignación del precio pueden o no estar incorporadas valoraciones subjetivas, lo que en algunos casos puede modificar el valor final del recurso.

En este marco, son varios los aspectos que se deben tomar en cuenta para la valoración económica del agua, especialmente los referidos al mantenimiento de su calidad y cantidad en el tiempo.

El **Valor Económico Total (VET)** del agua, o de cualquier recurso natural, es la suma del **Valor de Uso (VU)** y el **Valor de No Uso (VNU)**. Los valores de uso pueden ser divididos en Valor de Uso Directo (VUD), Valor de Uso Indirecto (VUI) y Valor de Uso Potencial, Existencia u Opción (VO). Luego, se puede escribir la relación:

$$\mathbf{VET = VU + VNU}$$

$$\mathbf{VET = (VUD + VUI + VO) + VNU}$$

Donde:

VUD: está determinado por la contribución de los activos medioambientales a la producción actual o al consumo.

VUI: incluye básicamente los beneficios derivados de los servicios funcionales que el medioambiente provee para sostener la producción actual y el consumo (por ejemplo, las funciones ecológicas como la filtración natural de agua contaminada o el reciclamiento de los nutrientes).

VO: corresponde al monto que los consumidores están dispuestos a pagar por la no utilización de los activos, simplemente para evitarse el riesgo de no disponer de esos recursos en el futuro.

VNU: corresponde a la satisfacción o el simple hecho de saber que ese activo existe, aún cuando no exista la intención de utilizarlo.

La teoría económica define claramente la forma de valorar el valor de uso (VU), pero no dispone de mecanismos para analizar los distintos componentes. Por lo general se tiende a valorar el agua de acuerdo a su consumo, es decir agua potable (ciudades e industrias), agua para riego, agua para generación eléctrica y agua para navegación. Se usa esta división, porque de alguna manera (directa o indirectamente) se puede determinar un precio para el recurso. No ocurre lo mismo con los valores subjetivos del agua, cuya consideración debería estar presente en una legislación sobre los usos sostenibles del recurso.

Los recursos naturales tienen valor o proporcionan beneficios siempre y cuando los usuarios estén dispuestos a pagar por él, esto es, cuando existe un problema de asignación a partir de la escasez. Así, una operación efectiva de mercado resulta en un conjunto de valores de mercado o precios que sirve para asignar los recursos y los bienes de manera consistente con los objetivos de los productores y consumidores.

En caso contrario, cuando los mercados no están presentes o no operan efectivamente, la evaluación económica de las decisiones de asignación de los recursos requiere encontrar algunos medios de estimación del valor de los recursos. En ese caso, el valor del recurso es medido en el contexto de un objetivo específico o un conjunto de objetivos. Luego, el valor de los recursos refleja su contribución a esos objetivos. En el caso de los recursos hídricos, los gobiernos han identificado algunos objetivos que pueden ser relevantes como son la promoción del desarrollo económico del país, del desarrollo económico regional, de una mejor calidad ambiental o de un mejor nivel de vida de su población.

Alternativamente, el VET puede expresarse en términos de los servicios extractivos e in situ. Cada uno de ellos tiene su propio valor económico de tal manera que VET puede expresarse como:

$$\text{VET} = \text{Valor Extractivo} + \text{Valor In Situ}$$

El **Valor Extractivo (VE)** se deriva de su uso en los sectores industriales (minería y agua potable) o agrícola. El **Valor In Situ, (VIS)** es el que tiene por permanecer en su espacio natural, incluyendo en él su función de sostén de flora y fauna acuática, como precursor de la calidad del agua en la corriente o vaso que la contiene, como elemento de disfrute estético, como soporte para las actividades recreacionales y como fuente de estabilización de otras fuentes, entre otros.

El concepto intrínseco se refiere a que las cosas (incluida la vida humana) tienen valor, en cuanto contribuyen a la integridad, estabilidad y belleza de la comunidad biótica. Esta filosofía naturalista desemboca, en el reconocimiento de los derechos de los animales y otros seres vivos, lo que plantea problemas filosóficos bastante serios, derivados de la necesidad de responder a la cuestión de qué es precisamente lo que les hace susceptibles de poseer estos derechos o cual de sus características es la que les confiere esta titularidad. En cualquier

caso, para los defensores de esta postura, el medio natural y los recursos naturales tienen valor en sí mismos.

En el otro lado, se tienen los valores extrínsecos (de carácter antropocéntrico o instrumental) que son aquellos que aparecen debido a la actividad humana. Como por ejemplo los recursos hídricos pueden ser valorados (instrumentalmente) por sus contribuciones a la salud, riqueza o satisfacción. Los valores intrínsecos, entonces, son asignados a las cosas o acciones por sí mismos, independientemente de los medios provistos por las actividades humanas y su valoración.

I. Valoración económica bajo el mecanismo de mercado

El valor del agua es un concepto intrínsecamente dinámico o cambiante, sujeto a los cambios en el clima, su disponibilidad y las condiciones socio-económicas. Por ello, obtener valoraciones precisas del agua destinada a cada uso resulta una tarea complicada que debe sortear los innumerables problemas y debilidades propios de cada metodología. Sin embargo, ampliar la racionalidad en el uso del agua no puede lograrse sin contar con valoraciones económicas de los usos y servicios relacionados con el agua.

En este contexto, no es posible potenciar un uso o propósito sin empeorar las perspectivas de otro. En consecuencia, todos los usos tienen costos y valores propios y exclusivos, a los cuales hay que sumar el costo de oportunidad, cifrado en el valor de las oportunidades perdidas para otros usuarios o servicios. Así, la representación conceptual y operativa del manejo y la gestión del recurso, guiados por el objetivo del óptimo social se presenta como un problema complejo. Sus dificultades más notorias se derivan de la presencia de relaciones entre variables no lineales, múltiples interdependencias entre variables y medidas de valor o beneficio y en el amplio conjunto de parámetros y características del sistema que es preciso tener en cuenta.

En otro sentido, se considera que el valor económico de un bien o servicio no es fijo, sino que depende del tiempo, de las circunstancias y de las preferencias de los individuos. El valor económico del bien o el servicio puede inferirse ya sea por la voluntad o disposición a pagar por él o por su voluntad de aceptar una compensación en el caso de que tenga que prescindir de éste⁶.

La teoría económica indica que son las fuerzas del mercado las que determinan los precios y que en condiciones ideales estos serán los óptimos para la sociedad y en este punto es donde la sociedad obtiene el mayor beneficio.

El mercado puede ser un espacio físico (mercados, ruedas de valores, bolsas de productos, etc.) o puede ser una idea generalmente aceptada para algunos productos (electricidad, tierras, etc.). En el caso de los recursos hídricos en general no existen mercados formales constituidos, y en muy pocos países la legislación permite una libre transacción de aguas (las excepciones las constituyen Chile, México, Australia y el Estado de California en Estados Unidos).

⁶ Según la Comisión sobre Geociencias, Medio Ambiente y Recursos de la Academia Nacional de Ciencias de los EEUU (1997).

El mecanismo de mercado, bajo condiciones de competencia perfecta y precios reales (esto significa que no existen distorsiones), asegura una asignación eficiente de los recursos de acuerdo al principio de Pareto. No obstante para que este principio se cumpla es necesario que los derechos de propiedad estén claramente definidos y que exista la reglamentación correspondiente.

Los precios en el mercado quedan determinados por las fuerzas de oferta y demanda. La demanda está definida por el precio del producto, cantidad demandada, ingreso de las unidades demandantes, precios de productos sustitutos en el consumo y otros factores como gustos, temporada y moda. La oferta está definida por el precio del producto, cantidad ofrecida, ingreso de las unidades oferentes, productos sustitutos en la producción y algunos otros factores como economías de escala o tecnología de producción.

Cuando la cantidad ofertada coincide con la cantidad demandada, el precio queda determinado por las "fuerzas de mercado", que presionan los precios hacia su nivel de equilibrio de largo plazo. De tal forma, los usuarios decidirán utilizar el agua cuando el costo alternativo (marginal) sea mayor, de la misma manera que la sociedad debe asignar el recurso de acuerdo al sector que reporte el mayor beneficio social. En el caso de los recursos naturales: ¿cuáles son los factores que hacen que los mecanismos de mercado no sean los más apropiados para la asignación del recurso?

La teoría económica proporciona herramientas para responder la pregunta; sin embargo, las soluciones prácticas pueden no ser socialmente aceptables ya sea por su costo o por la percepción (valoración) de las personas sobre el recurso en cuestión.

La eficiencia económica puede definirse como una organización de producción y consumo en la que las posibilidades no ambiguas de incremento de bienestar económico han sido exploradas, según el principio de Pareto y la asignación óptima de los recursos. También se puede definir como la asignación de los recursos de manera que ninguna otra asignación es posible para proveer ganancia en producción o satisfacción en el consumo para algunas firmas o individuos sin simultáneamente imponer pérdida a los otros. Esta definición de eficiencia económica (llamada óptimo de Pareto) se satisface en el perfecto funcionamiento de una economía competitiva, y se puede expresar en términos de:

- Eficiencia económica en la producción de bienes y servicios;
- Eficiencia económica en la distribución de los bienes y servicios y
- Asignación de los recursos en forma consistente con las preferencias en el consumo.

De este modo, la eficiencia de Pareto ocurre cuando el beneficio marginal de usar un bien o servicio es igual al costo marginal de ofertar ese bien. En este sentido, el Estado desarrolla un papel fundamental en la obtención del óptimo de Pareto. La idea central es que el bienestar de una sociedad, depende en parte de la utilidad derivada por sus miembros a través del consumo, por medio de los mecanismos descritos. El gobierno considera el bienestar y progreso de las

personas como punto central de sus políticas; está en general preparado para considerar que el individuo es el mejor juez en por lo menos algunos aspectos de su propio bienestar y el individuo demuestra sus preferencias por las acciones que toma en el mercado. Estos supuestos no suponen que el gobierno no tiene ningún rol en los temas económicos de un país., sino que es más bien el encargado de representar a la sociedad en el mercado cuando los supuestos de la economía de mercado no se cumplen.

Trasladarse desde la teoría económica del bienestar al análisis de beneficio - costo requiere de algunas consideraciones. En primer lugar, existe la percepción (cierta en la mayoría de los casos) de que existen muy pocos cambios de política que no modificarán en gran medida el bienestar de algunos sin disminuir el bienestar de otros, esto es, que las políticas siempre están orientadas a beneficiar a alguien y cuando los recursos son escasos alguien siempre tiene que ceder para que otros mejoren.

Aparentemente existe un conflicto entre eficiencia económica y equidad en la distribución del ingreso. Primero no debe suponerse que "el mercado" determina el máximo nivel de bienestar.

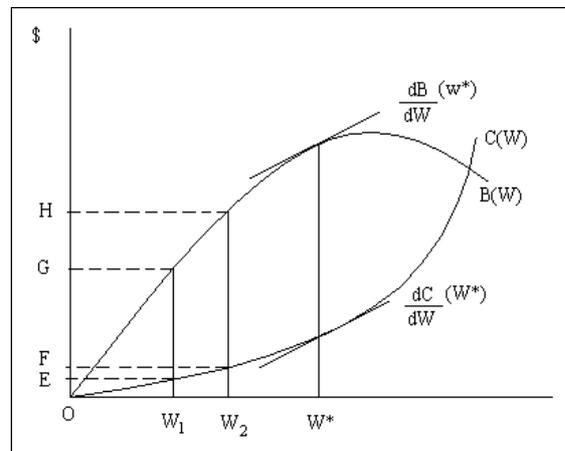
En segundo lugar pueden existir numerosas situaciones económicas, las cuales a pesar de no alcanzar el óptimo de Pareto (debido a que algunos de los supuestos iniciales no se cumplen) serán preferidas a la solución de mercados perfectos el factor de equidad es introducido.

En una economía perfecta, el mismo conjunto de precios es responsable por la asignación de recursos y por la distribución del ingreso. Todos los ingresos en una economía de mercados perfectos son derivados de la propiedad de los factores de producción y a partir de ahí que el mecanismo de precios maximiza el valor de la producción que puede ser producido en un período de tiempo. Esto significa que no existirá una sola, sino muchas posiciones de equilibrios perfectos alternativos, todos los cuales serán óptimos de Pareto. Consiguientemente cualquier política de redistribución del ingreso conducirá a una reorganización del mercado, donde la demanda y oferta agregadas se moverán hacia un equilibrio, obteniendo el óptimo de Pareto. Los efectos de una política de redistribución pueden ser muy distintos a los planificados por el Gobierno.

Cuando es evidente que la política conducirá a una redistribución del ingreso, todavía se puede mantener el anterior nivel de bienestar (supuestamente preferido al nuevo), por medio de una compensación. Los teóricos del bienestar consideran que 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.

En la Figura 10 se muestra una comparación entre la eficiencia económica y el criterio de beneficio - costo. La curva denotada por $B(W)$ es una representación de los beneficios agregados (por ejemplo, consumo o producción) de los niveles alternativos de servicios de agua (W) y $C(W)$ representa los costos agregados.

Figura 10. Comparación de la eficiencia de Pareto con el criterio de Beneficio - Costo



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

Estas curvas miden el beneficio social o la utilidad y costos agregados. Su forma general refleja el supuesto convencional que los beneficios se incrementan a una tasa decreciente a medida que aumentan el producto y que los costos se incrementan a una tasa creciente. La solución al óptimo de Pareto se da en W^* - la máxima distancia vertical entre $B(W)$ y $C(W)$.

En W^* el beneficio marginal es igual al costo marginal. El análisis de costo - beneficio nos indica que si alguna política aumenta W de W_1 a W_2 , y el beneficio es mayor al costo (GH mayor a EF), esa política, desde el punto de vista Paretiano, es recomendable.

II. Valoración económica en ausencia de precios de mercado

Para la mayoría de los recursos naturales y en especial para el agua, no existen mercados competitivos, tanto por las características del recurso como por la legislación vigente en cada país. La ausencia de mercados (que proviene de la ausencia de una clara definición de los derechos de propiedad) facilita la aparición de externalidades negativas para la sociedad.

Se argumenta que las políticas de manejo del agua pueden tener efectos amplios en la cantidad de agua disponible, en su calidad y en la localización y tiempo de extracción. En general, esos impactos tienen una dimensión económica positiva o negativa y que deben ser consideradas en la construcción política. Específicamente, el proceso de decisión (resolución de conflictos) requiere de la identificación y la comparación de los beneficios y costos del desarrollo de los recursos hídricos, su asignación alternativa y usos competitivos.

Además el beneficio y los 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 humanas y para transformar el concepto de bienestar en una medida métrica, sugieren hacerlo a través del dinero.

Así, el cambio en el bienestar de una persona a través de algún tipo de política es medido como el máximo monto de dinero que la persona estaría dispuesta a pagar para obtener esa mejora. Por el otro lado, cuando el bienestar se reduce, se mide cuánto estaría dispuesta a pagar esa persona para aceptar el cambio. De esta forma, los beneficios y costos deben ser expresados en términos monetarios aplicando los precios apropiados a cada unidad física de producto o insumo.

Tres tipos de estimaciones son empleadas. Una primera fuente son los precios usados por el análisis de beneficio - costo como resultado de observar las actividades de mercado. En el segundo caso lo más frecuente en el caso de manejo de aguas, es necesario hacer ajustes a los precios de mercado observados (por ejemplo cuando los productos agrícolas están controlados por regulaciones del gobierno o cuando se fijan salarios mínimos encima de los precios del mercado). Finalmente, en muchos casos, es necesario estimar precios donde no existen y no está presente ningún mercado. Cuando se usan los dos últimos métodos en el análisis de costo beneficio, los precios empleados son llamados precios sombra.

III. Externalidades e ineficiencias del mercado

La teoría sobre la eficiencia del mercado o asignación óptima descrita, no considera las deficiencias evidentes en el uso de recursos naturales renovables y no renovables. En el caso de los recursos hídricos son muchos los efectos que se pueden considerar, desde la contaminación por aguas servidas de las ciudades hasta la pérdida de la biodiversidad en algunos ecosistemas. También el análisis de los derechos de propiedad indica que cuando los derechos están bien definidos, se minimizan las externalidades posibles.

Se ha constado que los principales contaminadores son las ciudades y los centros mineros, no así la agricultura y la industria. Por lo tanto, la definición de los derechos en estos sectores, además del establecimiento de un sistema de licencias de contaminación transables es un tema que debe abordarse en oportunidad del desarrollo de los mecanismos adecuados de incentivos (tarificación) en proyectos de embalses y obras hidráulicas anexas.

La experiencia de países como Chile e Inglaterra indican que la seguridad sobre los derechos de agua no garantiza una mejora en la calidad de los recursos hídricos. Más aún, en el caso chileno, el actual código de aguas ha sido considerado como poco favorable al mantenimiento del medio ambiente ya que tiene demasiadas ambigüedades en cuanto a los usos consuntivos y no consuntivos.

La inversión privada requiere una clara definición de los derechos de propiedad para incrementar su participación en el uso de los recursos hídricos. El control de la contaminación en las fuentes de agua no se basa en aumentar la oferta, sino más bien en ofrecer los incentivos adecuados para que los individuos busques ellos mismos las soluciones que más les convengan.

4.2. Metodología General de Formulación y Evaluación de Proyectos

La formulación de proyectos de embalse obras hidráulicas anexas enfrenta el desafío de abordar la complementariedad y sustituibilidad entre los diferentes usos del agua, especialmente en el caso de los proyectos multipropósito.

Por otra parte los proyectos hidráulicos incluyen construcción, mejoramiento, reparación o ampliación de infraestructura hidráulica. Dentro de las obras de infraestructura distinguen los siguientes tipos: i) **Obras para captación de agua:** corresponden a 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:** corresponden a las presas 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:** parten desde la captura o la desviación de las obras de regulación y conducen el agua hasta las obras de distribución; por ejemplo, sellado o reparación del canal principal; iv) **Redes de distribución:** corresponden a los canales secundarios y terciarios que llevan el agua de un canal matriz hasta edificáoslas áreas de demanda. Su objetivo es distribuir adecuadamente el agua para los diferentes sectores con un sistema de cambio de efectivo, la instalación de medidores y las puertas para cumplir con el calendario de producción. Por tanto, además de canales, incluye divisores, metros, puertas, cámaras y equipos de medida de caudales; v) **Obras de regulación:** sirven para 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 presas nocturnas, por ejemplo. Para los proyectos cuya finalidad es el riego, podemos añadir otros dos grupos, que abarcan el trabajo llevado a cabo dentro de los predios: i) **Trabajos de aplicación**, que permiten optimizar el uso del agua en el predio, la designación de las cantidades adecuadas por tipo de cultivo, la elección de los cultivos más adecuados y utilizando sistemas de riego más conveniente y ii) **Obras de drenaje**, cuyo objetivo es facilitar el drenaje del exceso de agua.

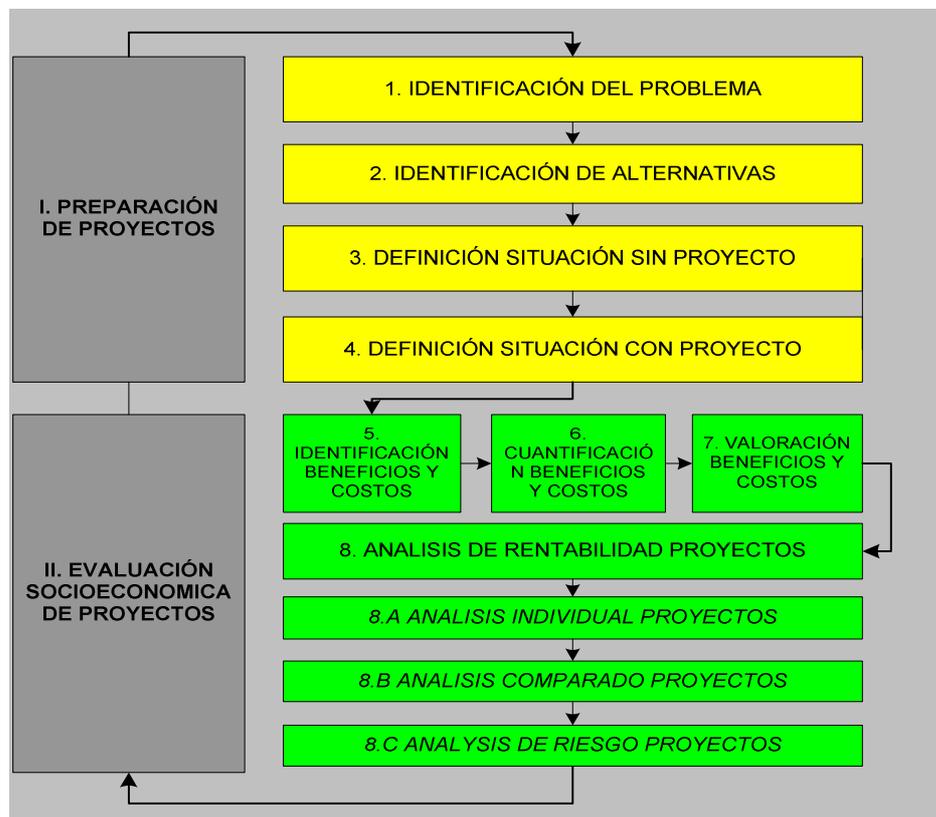
I. Flujo de Formulación y Evaluación de Proyectos

El proceso de formulación y evaluación de un Proyecto Hidráulico, como un sistema integrado de cuencas, implica el respeto de la siguiente **línea de proceso**.

- Identificación y definición del problema y requerimientos del proyecto
- Identificación de las alternativas de proyecto.
- Definición de la Situación Sin Proyecto.
- Definición de la Situación Con Proyecto.
- Análisis de rentabilidad del proyecto.
- Análisis comparado de alternativas.

Una vez identificado y descrito el problema a resolver o la necesidad a satisfacer, deben identificarse las posibles soluciones (erróneamente, en algunos casos se comienza el estudio a partir de la conveniencia de realizar una inversión específica, que puede o no constituir la mejor solución al problema detectado). La descripción de lo que se espera que se produzca en la situación Sin Proyecto permite identificar correctamente los beneficios y costos legítimamente atribuibles al proyecto y con la finalidad de evitar que se asignen beneficios no pertinentes, es decir, aquellos que podrían obtenerse parcial o totalmente a través de proyectos o acciones alternativas y de menor costo. Identificados correctamente los beneficios y costos del proyecto, se deben cuantificar y evaluar los mismos para luego proyectar el flujo estimado de los beneficios y costos para cada una de las alternativas de diseño y cálculo de los indicadores de rentabilidad. La línea de proceso se resume en la Figura 11.

Figura 11. Proceso de preparación y evaluación de proyectos



Fuente: Elaboración propia en base a MIDEPLAN "Metodología General de Formulación y evaluación de Proyectos de Inversión", 1996.

II. Etapas de Preparación de Proyectos

a. Identificación del problema y requerimiento de proyecto

Un proyecto cualquiera tiene como propósito final satisfacer o atender una determinada demanda o dar solución a un problema que se ha detectado en la

zona identificada. Para ello debe realizarse un riguroso reconocimiento de la zona de estudio para constatar la realidad que se pretende intervenir, denominado **diagnóstico global de la zona**.

El diagnóstico es el primer estudio a realizar y permitirá establecer cuáles son los problemas en el área de influencia de la cuenca bajo análisis. Para ello, se debe realizar un reconocimiento de la existencia y potencialidad de los recursos del área del proyecto, características de la actividad industrial y comercial actual y perspectivas de desarrollo a futuro, entre otras.

i. Diagnóstico de la Situación Actual

El diagnóstico debe recoger información lo más detallada posible para establecer los efectos de las soluciones alternativas. Es aconsejable reunir la mayor cantidad de información disponible en instituciones relacionadas acerca de los recursos agua, suelo y clima, así como aquellos datos de control sobre la producción industrial, los ingresos, precios, etc.

Debe considerar separadamente las provincias, comunas o zonas geográficas que alcance el estudio.

Para el levantamiento de información también se debe recurrir a las fuentes primarias, es decir, a informantes calificados e informados del problema abordado. Por ejemplo, en un proyecto cuyo objetivo es el riego, deben consultar con los agricultores de la zona de influencia y/o las asociaciones de regantes, si las hubiere.

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 poder 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. 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. Así, construye la base para justificar cualquier estudio orientado a la planificación de los recursos hídricos y a las respectivas indagaciones y evaluaciones para la realización de obras hidráulicas para el uso más racional del recurso.

Dentro del conjunto relevante de antecedentes del diagnóstico, es esencial la descripción de los siguientes ámbitos. A todos los fines de la formulación del proyecto, es imprescindible revisar el Manual de Obras de Riego, del cual esta metodología forma parte.

a) Descripción general

El relevamiento de información debe incluir aspectos tales como:

- Aspectos físicos de la zona de estudio
 - Ubicación
 - Delimitación de la Cuenca
 - Clima
 - Hidrografía
 - Aspectos fisiográficos
 - Vegetación
 - Geología
- Análisis de la cuenca
 - Superficie; ubicación; límites.
 - Recursos hídricos superficiales; afluentes y efluentes.
 - Caudal medio anual de los recursos hídricos: estacionalidad (períodos de demanda, máximas precipitaciones, períodos secos, duración del año hidrológico,
 - Identificación de subcuencas.
 - Agua subterránea.
 - Regulación de los principales afluentes.
 - Recursos de la tierra: disponibilidad de suelos aptos para riego.
 - Disponibilidad de zonas de acuíferos subterráneos, ubicación y usos de las áreas.
 - Energía y potencia: potencial neto de un río en un tramo.
 - Efectos del desarrollo los recursos sobre la erosión hídrica, control de crecidas, manejo y conservación de suelos.
 - Otros aspectos relevantes.
- 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 PBI nacional, regional y de la cuenca, zonas económicamente más activas, desarrollo y balance entre los diferentes sectores (industria, comercio, minería y servicios), sector público, infraestructura⁷, proyecciones sectoriales de desarrollo.
 - Desarrollo agropecuario en la parte de la zona del 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.
 - Incidencia de los recursos en la producción industrial: energía eléctrica, agua potable para uso humano y doméstico,

⁷ 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.

- implantaciones industriales, demandas generales de todo tipo de servicios.
- 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.
- Análisis de los recursos hídricos
 - Regulación: volumen de la oferta para riego, abastecimiento de agua y generación de energía
 - Sistemas de conducción y distribución de aplicación de los recursos hídricos:
 - Usos actuales de los recursos hídricos;
 - Distribución de la tierra de acuerdo a la capacidad de uso y sistemas de riego y provisión de alternativas (en el caso que lo hubiere);
 - Eficiencia global en el proceso de captura, transporte y distribución;
 - Criterios de seguridad en el suministro del agua; otros.
 -

Se deben reunir los registros que permitan la caracterización tanto de la zona afectada por el problema como el área de influencia del proyecto. Cabe señalar que la zona afectada por el problema no es necesariamente correspondiente en su totalidad con el área de influencia del proyecto. En general, los estudios requeridos por los proyectos de agua son los siguientes.

b) Estudio del clima

El objetivo de este estudio es proporcionar una descripción completa del clima de la zona del proyecto, sobre el potencial de los usos productivos. Es decir, permite tener un conocimiento adecuado sobre el clima a fin de identificar las zonas agro-climáticas de acuerdo a su potencial productivo; 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 define las especies que se pueden cultivar, en el caso del riego. Deben asimismo identificarse otros usos potenciales para el agua: industriales, generación eléctrica, turismo y otros.

c) Estudio del suelo

Este estudio es crucial especialmente en los **proyectos de riego**, ya que su objetivo es evaluar el potencial productivo de diferentes partes del proyecto, para los que deben clasificarse los suelos 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. Aspectos a tener en cuenta son: las características de la topografía, la vegetación, químicos presentes, características físicas y morfológicas de los suelos, entre otros atributos. Deben también determinarse las áreas productivas disponibles en el área del proyecto, tanto las de riego actual como las de secano susceptible de ser productivas. En el caso de los que están actualmente en uso, es

necesario identificar la distribución de la superficie en función de los principales cultivos obtenidos.

En el caso de proyectos de construcción de presas, cuyas obras civiles y complementarias, requieren grandes superficies, es relevante saber cómo afectará su aplicación al uso del suelo. Por ejemplo, si un campo se inunda, para determinar el valor de la externalidad causada, es necesario conocer los usos productivos del área de inundación.

En los proyectos con la finalidad de **producir electricidad** es muy importante para entender las variables asociadas, la localización de posibles caídas de agua. La ubicación afecta a la viabilidad del proyecto, desde el momento que determina la medida del potencial eléctrico proyectado, por factores tales como la magnitud de la caída y el flujo de datos del sistema fluvial. La topografía también influye en la solución técnica, para definir el tipo de esquema de la planta, el tipo de turbina y la magnitud de las obras que se requieren para llevar a cabo.

Por último, en el caso de los usos industriales del agua (minería y agua potable entre los más importantes), se requiere conocer en detalle el estado actual y características de la demanda, así como los requerimientos específicos de los proyectos asociados al turismo y las defensas fluviales.

d) Estudios hidrológicos

El propósito del estudio hidrológico es cuantificar los recursos hídricos disponibles en el área de influencia del proyecto. Para ello, se requiere realizar las siguientes acciones:

- Establecer el régimen hidrológico que caracteriza a la cuenca para estudiar y analizar las posibles contribuciones de otras fuentes. Esto requiere información pluviométrica y nival y llevar a cabo un análisis de caudales máximos y mínimos.
- Realizar una simulación de las series hidrológicas con algunos de los métodos de análisis que consideran la probabilidad de eventos.
- Caracterizar los acuíferos en relación a la profundidad de napa, su ubicación, grosor y otros.

En el caso de proyectos relacionados con las aguas subterráneas:

- Establecer mecanismos que rigen la recuperación del nivel de caudal de los ríos y el desbordamiento de agua en las zonas de riego. La fuente de información para el establecimiento de estos mecanismos son los estudios de precipitaciones, caudal, las aguas subterráneas, etc.
- 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. En un proyecto cuyo propósito es el agua potable, la necesidad de una planta de tratamiento depende de la calidad del agua cruda recibida. En ocasiones, el tratamiento del agua requiere una Potabilización a través de procesos mecánicos y químicos. En

otras situaciones, sólo tiene que ser tratada con cloro, por lo que se deposita directamente en los tanques de distribución.

e) Otros estudios

En todos los proyectos debe analizarse la condición jurídica de la tierra donde las obras se construirán, la posibilidad de financiamiento de la inversión por los beneficiarios parcial o total, las organizaciones de los beneficiarios y la situación de tenencia de la tierra, entre otros.

En los proyectos cuyo propósito es el riego debe ser llevado a cabo un estudio sobre el estado de la zona agrícola, estableciendo los niveles de desarrollo agrícola, tecnológico, social e institucional, como base para la elaboración de planes de capacitación, asistencia técnica, asistencia crediticia, otros⁸.

Respecto a los estudios de caracterización social y económica, éstos son relevantes a fin de 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 Anexos.

En las obras grandes, como la construcción de una represa, es esencial realizar además, estudios geológicos y medio-ambientales.

ii. Estimación de la Demanda Potencial

a) Estimación de la demanda de agua 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.

b) Estimación de la demanda de agua para uso agrícola

Como en el caso anterior, corresponde desarrollar todos los estudios para formular y evaluar proyectos de agua para uso agrícola, incorporando aquellos elementos particulares de este tipo de proyectos.

c) Determinación de la demanda total de agua

La demanda total de agua surge de la suma de las necesidades de agua correspondientes a todos los usos agrícolas y no agrícolas identificados. 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.

⁸ En una sección aparte se describen en detalle los requerimientos de información extraordinarios para los proyectos de riego.

iii. Identificación de las alternativas de proyecto

El objetivo final de proyectar y evaluar los posibles usos que se le pueden dar a los recursos hídricos disponibles, es estimar los usos más eficientes del agua. Como se ha señalado antes, el recurso agua es un recurso escaso y se requiere en el proceso de producción de muchos bienes que pueden llegar a competir para su uso. Si se aplican medidas para disponer de la mayor parte de este recurso, esta disponibilidad adicional se podría utilizar en diversas alternativas, como por ejemplo: agricultura, minería y uso industrial; agua para consumo humano, para satisfacer las nuevas demandas de uso doméstico por el aumento de la población urbana o mejorar la calidad del servicio.

Esto implica que al evaluar un proyecto cuyo objetivo es poner a disposición una mayor cantidad de agua y/o mejorar la calidad o la oportunidad de utilizar esta función es esencial indicar los objetivos que se desean alcanzar. Algunos proyectos pueden tener una única finalidad, como las destinadas a mejorar la aplicación de agua. Otros pueden tener propósitos múltiples, como puede ocurrir en el caso de una presa, que puede tener como objetivo la mejora de la eficiencia del riego en la zona de influencia, la producción de electricidad y/o el desarrollo del turismo en la región. Cabe destacar no obstante, que el propósito de riego está presente en la mayoría de los proyectos.

En algunos casos, existirá competencia entre los proyectos, es decir, usos mutuamente excluyentes. En otros, existe una complementariedad tanto por el lado de los beneficios como por los costos.

iv. Alternativas de proyectos

Esta actividad implica realizar una descripción y análisis de todas las posibilidades o alternativas viables técnica (y legalmente) de solución al problema identificado y analizado. Las soluciones deben tener en cuenta el marco jurídico, la tecnología disponible, teclas alternativas de localización y otras medidas de optimización. Cada alternativa de solución debe estar lo suficientemente justificada en cuanto a sus características principales, los impactos positivos y negativos esperados, los costos de implementación y de inversión, mantenimiento y operación.

Estas soluciones corresponden a proyectos de diferente naturaleza. Por ejemplo, en proyectos de instalación y ampliación del sistema de agua potable en una localidad determinada, hay que considerar las fuentes alternativas de suministro de agua: superficiales, subterráneas o uso conjunto.

Si el objetivo es mejorar la producción agrícola, se puede proponer como soluciones alternativas cerrar un canal, cambiar el sistema de riego dentro de la parcela, etc. En cada uno de estos casos, deben ser estudiadas diferentes alternativas de diseño posibles.

Asimismo, cada alternativa puede estar formada por una o más acciones. Por ejemplo, para lograr el objetivo de lograr una adecuada disponibilidad de agua para el riego, podemos diseñar una solución que tenga en cuenta tanto la reparación de la infraestructura para la distribución como la formación en técnicas de gestión del riego en la parcela.

Por último, se debe considerar la posibilidad de diferentes características técnicas de las infraestructuras. Para ello, hay que tener en cuenta, por ejemplo, las distintas alternativas de trazas de canales, selección de materiales de construcción que se pueden utilizar, etc.

v. Análisis de alternativas de tamaño. Complementariedad y análisis multipropósito

Este análisis implica considerar los diferentes tamaños de proyecto con el fin de determinar el tamaño óptimo del proyecto. Si las soluciones se componen de dos o más proyectos que son independientes entre sí, lo correcto es evaluar la articulación y cada proyecto por separado, a fin de no ocultar la verdadera rentabilidad de cada uno. Este enfoque asegura que los proyectos y subproyectos a proponer sean los más convenientes.

En el caso de proyectos de mejoras de **sistemas de riego**, se deben considerar los componentes de las reparaciones de la infraestructura existente, lo que permite recuperar las características originales del sistema de riego y su capacidad de aplicación.

Si un proyecto de riego, cuya finalidad es incluir diferentes medidas que tiendan a evitar la pérdida de agua que fluye a través de los canales, como la ampliación de canales, limpieza e impermeabilización, cada uno debe ser evaluado independientemente de los demás, en la medida que estos componentes son separables, además de la evaluación conjunta.

De la misma forma, el concepto de **separabilidad de proyectos** también es aplicable en los típicos proyectos cuya finalidad es aumentar la superficie de regadío y que contemplan dentro de sus componentes la construcción de obras para mejorar los sistemas de formación y distribución de agua y la mejora tecnológica.

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, a fin de comenzar a delinear el proyecto en una zona determinada e ir evaluando su aumento gradual en tamaño al incorporar un nuevo sector. De esta manera, se compara la inversión adicional que requiere el aumento del tamaño del proyecto, que se extiende geográficamente, con los beneficios netos generados.

b. Definición de la Situación Sin Proyecto

Por definición, la **Situación Sin Proyecto (SP)** corresponde a la optimización de la Situación Actual a través de diferentes medidas de optimización, de menor costo que el proyecto y que tiene 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 y en el horizonte de evaluación del proyecto, aplicando medidas potenciales de organización para mejorar la situación del área de influencia del proyecto sin que sea necesario invertir en las obras del proyecto.

La situación, sin diseño optimizado se logra cuando hay mejoras en el uso de los recursos sin ejecutar el proyecto estudiado. En otras palabras, este paso es determinar cuál es el mejor camino a seguir si no se ejecuta el proyecto.

Estas mejoras pueden consistir en una inversiones menores, la transferencia de tecnología, la aplicación de medidas de gestión que mejoren la calidad del servicio prestado, el análisis de la distribución actual de los derechos de agua, revisar el actual sistema de precios para el agua potable, cambios en las reglas de operación una presa, cambio de métodos de riego utilizados por otros más eficientes, mejor gestión cultural de los cultivos, acciones de buen manejo de los recursos existentes, implementación de programas de capacitación y asistencia técnica, adopción de habilidades y destrezas por parte de los agricultores, conocimiento de nuevas tecnologías aplicables y medidas de organización, entre otras. Estas son acciones que ayudan a mejorar las condiciones de funcionamiento y el sistema actual a fin de aumentar el suministro de agua y / o mejorar su distribución.

La finalidad de valorizar la situación actual mejorada es la de servir de alternativa de referencia para la evaluación económica del proyecto.

c. Definición de la Situación Con Proyecto

i. Identificación de beneficios y costos

La evaluación socioeconómica tiene como objetivo determinar si la sociedad reconoció la mejora en su bienestar gracias a la ejecución del proyecto. Los conceptos de costos y beneficios del proyecto surgen al comparar las Situaciones Sin y Con Proyecto (CP), para lo cual deben identificarse los efectos que se producen en la situación CP y que no se producen en la situación SP. Esto permite determinar cuáles son los beneficios y costos atribuibles al proyecto. Asimismo, la evaluación socio-económica de proyectos, debe incorporar los efectos directos, indirectos y externalidades causadas por el proyecto y los efectos intangibles.

a) Efectos directos

Los efectos directos son los efectos reales producidos como consecuencia de la ejecución de un proyecto y deben ser observados en los mercados de bienes y servicios afectados directamente por el proyecto.

(1) Beneficios directos

El beneficio directo es el valor real que tiene para el país ejecutar el proyecto, dado por las cantidades de bienes y servicios que el proyecto producirá. Puede ser que el proyecto induzca la producción de otros bienes. Así, si el proyecto tiene como objetivo proporcionar un servicio/bien que facilita la realización de otras actividades, para evaluar los beneficios directos, deben ser analizados los efectos que su aplicación tendría en los mercados afectados por el servicio/bien.

(2) Costos directos

Es el valor real que tienen para el país las unidades de insumos que serán utilizadas por un proyecto. Puede ser que el proyecto lleve a la utilización de ciertos insumos. En el caso de proyectos de agua, los beneficios imputables se

refieren a los fines previstos. Por ejemplo, el incremento en el valor neto de la producción agrícola, la liberación de recursos asociada al ahorro de costos de suministro agua potable y el mayor consumo de este bien por parte de los usuarios.

Los costos en general se pueden dividir en costos de inversión, operación y mantenimiento del proyecto. La primera se refiere a las obras de, obras civiles, costos de equipos, etc. Los costos de operación y mantenimiento se registran durante la vida útil del proyecto y son los que permiten el buen funcionamiento del sistema.

b) *Efectos indirectos del proyecto*

Un proyecto también puede tener efectos indirectos (positivos o negativos) que deben incluirse en la evaluación socioeconómica. Estos efectos se observan en los mercados de bienes relacionados (sustitución o complementariedad) con la que el proyecto va a utilizar como insumos o aquéllos cuyo desarrollo sea más fácil. Como resultado del proyecto, puede cambiar la curva de demanda de los activos y por lo tanto, las cantidades consumidas, producidas y/o la importación o exportación de dichos productos. Estos cambios en las cantidades son los efectos reales que deben tenerse en cuenta en la evaluación del proyecto. Algunos efectos representan un beneficio para el país y otros un costo. Lo relevante son los efectos indirectos netos.

c) *Externalidades del proyecto*

La evaluación debe incluir las externalidades causadas directamente por el proyecto. Estas pueden ser positivas o negativas. Por ejemplo, una de las externalidades asociadas a un proyecto para construir y operar una presa puede ser la destrucción de partes de un camino que puede conducir a: la pérdida de los beneficios netos a los usuarios de tránsito correspondientes a este tramo, los efectos observados en el resto de las secciones y las rutas sustitutos y complementarios, tanto en las vías afectadas directa e indirectamente, la modificación de los costes de mantenimiento de carreteras y vías involucradas en complementarios y de sustitución, etc.

d) *Efectos intangibles*

Por último, puede haber beneficios y costos de proyectos que difíciles de identificar, cuantificar y/o evaluar en términos de dinero. Por ejemplo, un proyecto puede afectar la seguridad nacional y otro modificar el clima de una región de influencia, afectando la calidad de vida de una población dada o la distribución de la renta de las personas. Tales efectos, por su propia naturaleza, no pueden ser evaluados. Sin embargo, la evaluación debe incorporarlos explícitamente, a fin de todos los elementos determinantes sean analizados en la instancia de decisión final.

ii. Cuantificación de beneficios y costos del proyecto

Lo relevante es la evaluación de los beneficios y costos de cada proyecto. Sin embargo, no es posible evaluar lo que no ha sido cuantificado en unidades físicas. Por ello, la cuantificación implica realizar las estimaciones de las

magnitudes físicas que corresponden a cada uno de estos beneficios y costos. Por ejemplo, el número de metros cuadrados de construcción, los campos de cosecha de uva por hectárea, metros cúbicos de agua potable a consumir.

iii. Valoración de beneficios y costos

La evaluación o valoración de los beneficios y costos de un proyecto implica la realización de dos etapas consecutivas: primero, la evaluación privada de los beneficios y costos identificados y cuantificados y luego, la evaluación social.

a) Evaluación privada de beneficios y costos

La primera etapa, consiste en realizar una evaluación individual de los proyectos mediante una evaluación privada o a precios de mercado. Se parte de la premisa de considerar la viabilidad técnico-económica de cada uno de los proyectos, como si se debiera decidir su realización en el año base definido y considerando cada uno de ellos en forma aislada.

Esta técnica permite en primer lugar establecer un ordenamiento inicial de los proyectos, dado por las ventajas que desde el punto de vista social y económico presenta el abordar en primer término aquellas obras que prestando iguales servicios, generan costos mínimos a la sociedad.

Además, permite el ordenamiento temporal de la puesta en marcha de los sucesivos proyectos que se requieren para atender las demandas en un horizonte dado de estudios.

Por último, permite descartar aquellos proyectos que, dentro de los alcances de la tecnología actual, son ineficientes frente a otros proyectos o sistemas alternativos.

b) Evaluación social de beneficios y costos

Esta etapa corresponde a la segunda etapa de la evaluación de proyectos con el fin de desarrollar un análisis comparado de la conveniencia de realizar cada uno de los proyectos, considerando todos los propósitos múltiples y desde el punto de vista del interés de la sociedad a la que estos proyectos servirán; es decir, se empleará el criterio de la evaluación social de los proyectos.

Para ello, el análisis de los costos y beneficios monetarios será sustituido por un análisis comparado sobre la base de los costos de oportunidad de los factores a precios unitarios.

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 del país.

La escasez es la resultante de la capacidad productiva del país y los deseos de los consumidores dentro de su capacidad de compra determinada por la distribución del ingreso. Sin embargo, en el mundo real esto ocurre rara vez. Por ello, prácticamente todos los precios de mercado se alejan en mayor o menor

grado del precio de escasez, también llamado precio sombra, precio social o precio de cuenta. El precio social de los bienes es el valor real que tiene para el país producir una unidad adicional de ellos.

En función de los proyectos a evaluar, el nivel de evaluación y el valor relativo de los factores, se deberán considerar al menos los siguientes precios de escasez: capital, mano de obra y divisa extranjera, según corresponda.

El manejo de estos precios obligará a los formuladores a considerar la mayor o menor participación que tiene en cada proyecto o sistema alternativo la mano de obra común o calificada, así como los insumos directos o indirectos de productos importados, dados en cada caso por el tipo de dique, presa, canales, central, etc.

Así, la evaluación social de un proyecto produce un resultado diferente que la evaluación a precios de mercado, lo que puede implicar un cambio en el ordenamiento o priorización inicial de los proyectos.

Por lo tanto, una vez identificados y cuantificados los beneficios y costos, se debe realizar su valorización monetaria sobre la base del concepto de costo de oportunidad. Luego, para estimar los beneficios y costos, se parte de las cantidades de bienes que el proyecto podría producir, generar o utilizar por unidad de tiempo, las que se determinan considerando los llamados precios sociales o precios sombra.

En los proyectos relacionados con los recursos hídricos es requisito tener en cuenta estos precios para evaluar correctamente los beneficios y costos sociales que les sean imputables. En el caso de un proyecto cuyo objetivo es el **riego**, al evaluar la zona de influencia del proyecto que ha generado mayor superficie de riego o ha aumentado los rendimientos de los cultivos mediante un incremento en la seguridad de él, el valor social de la producción adicional debe aumentar si el aumento de las cantidades producidas por el costo social correspondiente. Si los productos son transaccionales (transables con otros países) es conveniente que el precio internacional se ajuste (FOB o CIF, importable o exportable) en moneda local por el factor de corrección del precio social de la moneda.

Si la inversión es en obras civiles, las innovaciones agrícolas y los costos de producción agrícola también deben ser ajustados, teniendo en cuenta el costo social de los insumos y factores de producción que la componen. Es decir, si la proporción de la inversión en obra civil se compone de mano de obra calificada, debe tomar en cuenta el factor de corrección que se debe aplicarse al precio de la demanda de este tipo de trabajo para llegar a su precio social. Si otra parte de esta inversión corresponde a los insumos importados, su valoración debe tener en cuenta el precio social de la moneda.

Como resultado de este proceso, se obtiene el flujo de beneficios y costos del proyecto y el flujo de beneficios netos.

c) *Los precios sociales*

El costo económico o de oportunidad de un bien necesario para la construcción de un sistema es definido como la productividad física marginal que esos bienes o factores de la producción podrían tener en otros usos o empleos diferentes. Para las estimaciones ha realizar se debe considerar su productividad sobre la definición de un año base. En situación de equilibrio pleno o bajo condiciones suficientemente competitivas, el "costo de oportunidad" de los factores de la producción es aproximadamente igual a su precio de mercado menos los impuestos indirectos netos, ya que ese valor equivaldría a su productividad física marginal bajo los supuestos antes enunciados. Es decir, en condiciones de pleno empleo, la realización de una inversión adicional en el sistema económico supone para la sociedad el costo de sacrificar la productividad que los factores de la producción necesarios para el proyecto tienen en sus usos presentes.

En situaciones de desempleo parcial de algunos factores de producción, un incremento de la demanda real de bienes, como consecuencia de la realización de proyectos de inversión, producirá probablemente un aumento en la ocupación de los factores de producción. Este incremento del ingreso real será equivalente al aumento de la productividad física de los factores disponibles debido a un mayor empleo de la fuerza de trabajo y de las instalaciones productivas ociosas. De esta forma, la diferencia existente entre el costo monetario de los factores y su costo económico o de oportunidad tiende a ser equivalente al aumento del ingreso real que se producirá en el sistema económico como consecuencia de haberse efectuado una inversión adicional. Esto es, sin lugar a dudas, un beneficio económico que no se reflejará necesariamente en la rentabilidad de la empresa que llevará a cabo la inversión, pero sí en la rentabilidad real del conjunto de la comunidad.

Por lo expuesto, es necesario incorporar en la evaluación social las correcciones correspondientes para determinar los verdaderos costos unitarios de oportunidad de los factores o bienes (precios sociales).

(1) Tasa social de descuento.

El costo de oportunidad del capital puede ser entendido de dos maneras diferentes: i) el costo social en que se incurre por retirar del sector privado fondos que se destinan a la inversión pública por medio de impuestos o (valor presente del consumo e inversión que no se llevará a cabo por los impuestos o inversión privada no ejecutada debido a la recaudación, usando la productividad marginal del capital); ii) aceptando la existencia de impuestos como un dato, el costo de oportunidad de los fondos de inversión del sector público corresponde a la productividad marginal de la mejor inversión alternativa.

El retorno social de la inversión o productividad del capital incluye la ganancia de la empresa (pública o privada) más los impuestos que paga, más los intereses pagados sobre el capital usado. De allí que si se adopta como tasa de descuento la productividad del capital, el precio sombra nunca podrá ser igual al precio de mercado o interés de plaza. En efecto, intereses e impuestos pagados son costos para el sector privado, en tanto, son beneficios desde el punto de vista social.

(2) Precio sombra de la divisa.

Hay diversos enfoques para la determinación de este precio; el recomendado es coherente con los principios generales indicados anteriormente: el precio sombra de la divisa debe aceptarse como dato la estructura tarifaria para las importaciones y se supondrá que ésta continuará en el futuro sin variaciones substanciales.

Se supone que el precio de mercado de la divisa, así como el nivel de transacciones de divisas, es determinado por las funciones de oferta y demanda en conjunción con la estructura tarifaria. Por lo tanto, el precio de la divisa de mercado es incrementado en un porcentaje igual al promedio ponderado de las tarifas. El promedio es ponderado por el porcentaje que le corresponde a cada bien del total de las importaciones, multiplicado por la respectiva tarifa. A ello se suman los impuestos indirectos existentes.

En un criterio alternativo, la escasez de divisas provoca industrias que no producen a plena capacidad, por la falta de insumos intermedios y materias primas; ello genera desocupación de los factores. Si esta interpretación es correcta, entonces el precio-sombra de la divisa debe ser corregido.

A los fines de aplicar el precio sombra de la divisa, se usará no solamente el componente importado directo, sino también el importado indirecto. El componente importado indirecto es la cantidad importada por los fabricantes de insumos nacionales usados en el proyecto. Los porcentajes de importaciones indirectas fueron estimados excepto en transmisión de electricidad y subestaciones eléctricas. El porcentaje de importación directa tiene un fundamento más firme por cuanto depende de verificaciones más inmediatas.

(3) Precio sombra de la mano de obra.

Deberá considerarse el tiempo de ocupación de la mano de obra, asignando un precio sombra de la mano de obra no calificada igual al salario de mercado. En cuanto a la mano de obra calificada, identificar su condición de pleno empleo, siendo en tal caso, adoptar el mismo criterio. En los casos que el porcentaje de desocupación sea elevado, para evaluar el costo económico de la fuerza de trabajo no especializada, en el año base determinado, aplicar el criterio que supone que la desocupación friccional es del 5% de la población activa y además que la desocupación máxima admisible es del 15%. Así, determinar los coeficientes de ajustes para estimar el costo de oportunidad del trabajo, en función del salario monetario neto.

(4) Otros precios sombra

Otros bienes e insumos que deben ajustarse son los siguientes:

- Materiales importables: descontar del valor de mercado el IVA y los aranceles de importación y multiplicar por factor de corrección de la divisa (FCD);
- Combustibles: utilizar valor indicado por MIDEPLAN.
- La Tabla 2 presenta un resumen de las correcciones que deben efectuarse para llevar los precios de mercado a precios sociales.

Tabla 2. Ajustes de precios sociales.

	Inversión Inicial	Operación, mantención, monitoreo y transporte
Terreno (expropiaciones)	Valor de Mercado sin corrección	N/A
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) * FCD	(Valor de Mercado menos IVA y menos aranceles)* FCD
Combustibles	Valor indicado en SNI	Valor indicado en SNI
Mano de Obra calificada	Valor de Mercado * FC MOC	Valor de Mercado * FC MOC
Mano de Obra Semicalificada	Valor de Mercado * FC MOSC	Valor de Mercado * FC MOSC
Mano de Obra no Calificada	Valor de Mercado * FC MONC	Valor de Mercado * FC MONC
Gastos Generales y Utilidades	VM menos IVA	VM menos IVA

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

d. Análisis de rentabilidad del proyecto

Los indicadores calculados a partir del flujo de beneficios y costos de una alternativa de proyecto permiten determinar si su ejecución es mejor que la situación sin proyecto.

i. Asignación del agua entre usos competitivos

Cuando el agua es un insumo intermedio de producción, su utilización está determinada por su productividad en cada uno de los sectores. Así, el agua se demandará 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. Este razonamiento supone que si todos los mercados son competitivos, el valor total de producción es exactamente igual a los costos de oportunidad de todos los insumos.

La derivación teórica requiere dos postulados. El primero, se refiere a la importancia del equilibrio competitivo para asegurar precios de mercado de equilibrio. En segundo lugar, el valor de la producción tiene que poder ser dividido en partes para poder asignarle a cada factor un valor correspondiente⁹.

⁹ Esta es una modificación del Método del Residuo, conocida como **cambio en el ingreso neto**. Esta modificación incorpora el concepto de disposición a pagar, ya que está relacionada con el ingreso neto del productor.

Si se considera la siguiente función:

$$Y = f(K, L, R, A)$$

Donde

K representa al capital; **L** al trabajo, **R** a otro factor natural como la tierra y **A** al agua.

Si los factores son producidos en mercados competitivos, aplicando el teorema de Euler:

$$VT = (VPMgK*QK) + (VPMgL*QL) + (VPMgR*QR) + (VPMgA*QA)$$

Donde

VT representa el Valor Total de la producción.

Reemplazando P_i ya que $P_i = VPMgT$ y suponiendo que el precio del agua es la única variable desconocida:

$$PA = \frac{(VT - ((PgK*QK) + (PMgL*QL) + (PMgR*QR)))}{QA}$$

De tal forma, en equilibrio y en presencia de un mercado donde se transan los usos de aprovechamiento de agua:

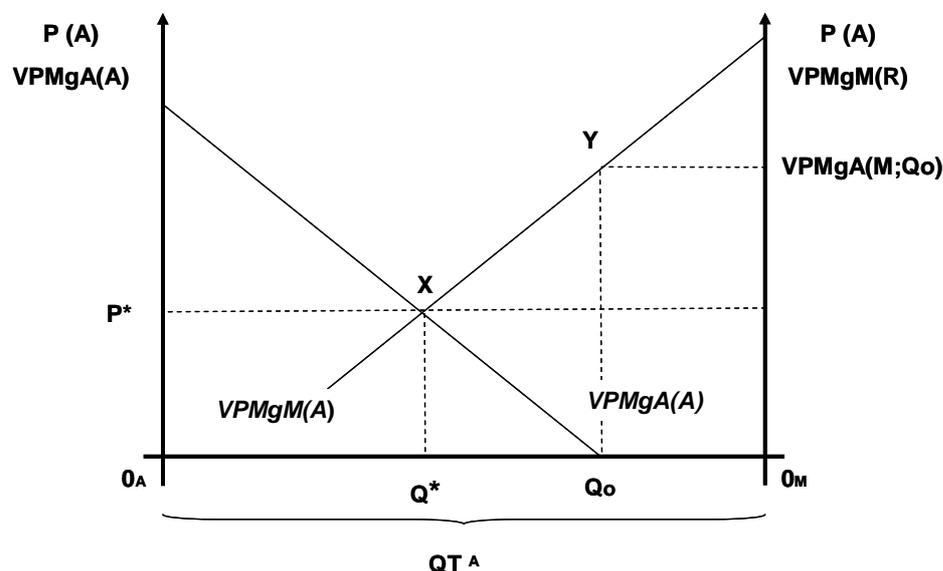
$$PA = VPMgA(i) ; \forall i = 1, \dots, n$$

Donde

i son todos los usos potenciales del agua.

Gráficamente, se supone una cuenca con dos (2) usuarios. La valoración de los derechos de aprovechamiento por parte de cada uno de ellos está dada por su demanda, que refleja cuánto están dispuestos a pagar por una unidad adicional de agua y que está determinada por la productividad marginal del insumo en cada una de las funciones de producción (industrias). En la Figura 12. Asignación óptima del agua. Figura 12 la demanda de A se mide de derecha a izquierda y la de M en sentido contrario. El eje horizontal representa el tamaño total del embalse.

Figura 12. Asignación óptima del agua



Fuente: Elaboración propia en base a "Asignación eficiente de los recursos naturales: el caso de las aguas terrestres" (Fuenzalida, 2003)

Inicialmente A dispone de derechos suficientes como para consumir Q_0 , determinando una asignación $0_A - Q_0$ para A y $0_M - Q_0$ para M. No obstante, dicha asignación no es óptima por cuanto en ese punto M "valora" el agua en " $VPMgA(M;Q_0)$ ", razón por la cual le conviene "adquirir" los derechos a A, quien en el margen los valora en 0. La transacción llevará el precio al equilibrio (P^* ; Q^* ; óptimo social) dado que M valora el agua en el área $0_M - Y - X - Q^*$, la cual es claramente mayor al área $Q^* - X - Q_0$, correspondiente a la valoración de A. De esta manera, la transacción es eficiente y la sociedad en su conjunto gana: M comprará derechos porque pagará un precio P^* menor a su $VPMgA(M)$ y A venderá porque recibirá P^* , mayor a su $VPMgA(A)$.

De esta forma, puede lograrse el óptimo paretiano si se generan los incentivos para hacer al mercado de derechos de aprovechamiento de aguas competitivo.

Este análisis es extremadamente sensible a pequeños cambios en el modelo. En relación a la función de producción, este deberá estar adecuadamente explicitada, ya que en caso contrario, los insumos que no se consideran irán a sumar al residuo que determina el precio del agua.; así también, los niveles de producción estimados podrían estar sobre u subestimados. Por otra parte, precios distorsionados introducirán errores en la estimación (especialmente cuando el Estado interviene en algunos de los mercados relacionados) y dado que en el

largo plazo todos los insumos son variables, el modelo supone funciones de corto plazo (los resultados son claramente diferentes en ambos casos).

Por último, debe indicarse que el diseño de un proyecto afecta a ciertos elementos que deben ser identificados. La determinación del tamaño óptimo de un proyecto hidráulico depende tanto de la eficiencia de entrega de agua como de la eficiencia en la producción cuando es utilizada como insumo. Por tanto, para determinar el tamaño óptimo es necesario proyectar los cambios esperados en el uso de tecnologías productivas, el estudio de los materiales de construcción alternativos y la ubicación del embalse, entre otros aspectos.

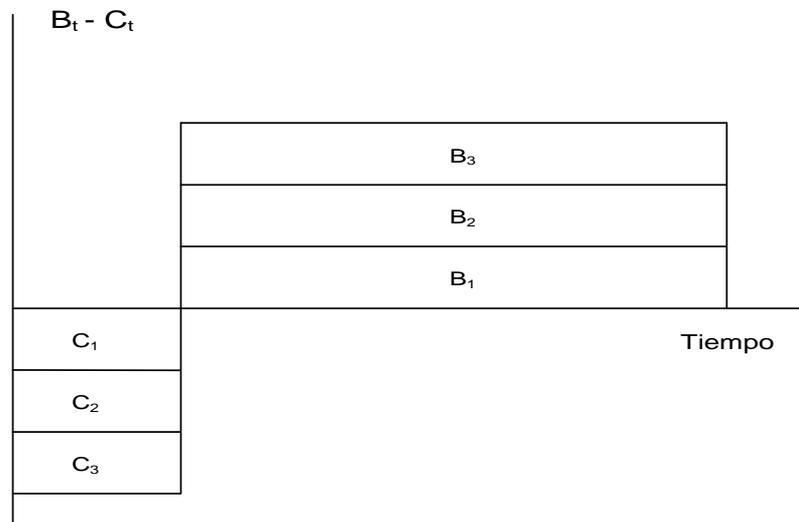
ii. Análisis de complementariedad y sustituibilidad

Una situación especial es el caso de una presa que corresponde a un proyecto con múltiples propósitos. Si se definen multipropósito, cada uno debe ser considerado como un subproyecto que tienen características de sustituto y complementario. Por ello, el análisis del proyecto debe realizarse en forma secuencial.

Para realizar un análisis comparado de las alternativas y, dado que los costos y beneficios de cada proyecto se producen en momentos diferentes, éstos se deben expresar en un solo instante en el tiempo mediante la aplicación de fórmulas de matemática financiera. Sólo entonces se puede determinar si el conjunto de beneficios es mayor o menor que los costos y, en consecuencia, recomendar o no su ejecución.

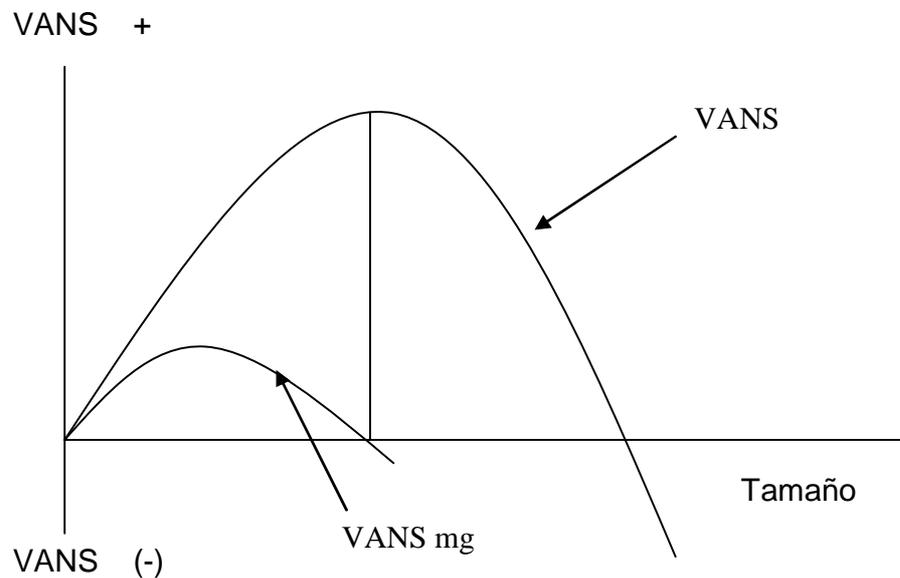
El tamaño óptimo de un proyecto, es aquel que maximiza su VAN. El procedimiento para determinar el tamaño óptimo consiste en analizar el valor presente incremental de los beneficios y costos asociados a cambios en la escala del proyecto, determinando de esta forma cambios en el VAN. En la Figura 13 se ejemplifica esta situación, simulando el flujo de caja de un plan integral, con diferentes tamaños. B1 y C1, son los beneficios y costos asociados al menor tamaño del plan, compuesto sólo por un proyecto. Luego, se le agrega otro proyecto, que aporta beneficios (B2) y costos (C2) adicionales. Ahora el plan, tiene un costo de $C1 + C2$ y beneficios por $B1 + B2$. El plan puede seguir aumentando su tamaño, al agregar un tercer proyecto que posea costos por C3 y beneficios por B3. Ahora, el plan en su conjunto tiene un costo por $C1 + C2 + C3$ y beneficios por $B1 + B2 + B3$.

Figura 13. Flujo de caja de un proyecto con complementariedad de usos



Fuente: Elaboración propia en base a Cost – Benefit Analysis for Investment Decisions (Harberger, Jenkins & Chun – Yan Kuo, 2010).

Figura 14. Decisión de tamaño óptimo (máximo VAN)



Fuente: Elaboración propia en base a Cost – Benefit Analysis for Investment Decisions (Harberger, Jenkins & Chun – Yan Kuo, 2010).

La idea, como se mencionara precedentemente, es elegir la escala que arroje el mayor VAN. Si el valor presente de $(B_1 - C_1)$ es positivo, el tamaño es elegible. Ahora bien, si el valor presente de $(B_2 - C_2)$ es positivo (incremental), entonces el tamaño **T2** es preferible. Por último, si el valor presente de $(B_3 - C_3)$ es positivo, es

posible concluir que el tamaño **T3** debe incluir el proyecto 3. Este procedimiento se debe repetir hasta que el VAN incremental de un nuevo proyecto que se quiera incluir en el plan sea negativo. En este punto el VAN del proyecto es máximo, porque el VANS de cualquier proyecto adicional será negativo y no aportará mayores beneficios al plan en su conjunto. La Figura 14 muestra como se maximiza el VAN del tamaño cuando el VAN marginal del último proyecto es igual a cero.

En el caso anterior los proyectos se suponen complementos perfectos. Sin embargo, dados los múltiples usos del agua eventualmente los proyectos competirán por el recurso. Ello implica que cuando se ejecuta un uso, reduce los beneficios de otro. Por lo tanto, se debe realizar la evaluación tanto del proyecto multipropósito incorporando tanto los usos complementarios como los sustitutos. Si bien el análisis es el mismo en términos de la definición del tamaño óptimo del embalse, debe incorporarse un criterio de asignación entre los usos y suponiendo que no se estima un precio unitario del agua¹⁰.

iii. Indicadores de rentabilidad

A continuación se presentan los principales indicadores de rentabilidad, los cuales deben ser estimados a precios sociales.

a) Valor Actual Neto

La suma de los beneficios netos (beneficios menos costos) de cada alternativa de proyecto, actualizada mediante la tasa de descuento relevante, se denomina Valor Actual Neto (VAN):

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

Dónde BN_t es el beneficio neto correspondiente al momento t de la vida del proyecto, r es la tasa de descuento por período, n es la duración del proyecto (fase de inversión y operación). Asimismo, B_t es el beneficio del tiempo t, y C_t es el costo del tiempo t.

Si las alternativas del proyecto tienen la misma vida útil, la más conveniente es la que tiene mayor VAN positivo. Si el VAN de todas las alternativas consideradas es negativo, la alternativa óptima es mantener la situación SP.

¹⁰ Posteriormente este supuesto se levantará, a partir de una propuesta de tarificación para proyectos de esta naturaleza.

b) Valor Anual Equivalente

Si se comparan las alternativas de vida útil diferentes, se recomienda utilizar como un indicador de la rentabilidad el Valor Anual Equivalente (VAE), que es resultado de transformar el flujo de beneficios netos en un flujo uniforme de periódicos ganado durante la vida útil del proyecto. Para el cálculo del VAE de cada alternativa, en primer lugar se debe calcular su valor liquidación y luego convertirlo en una cantidad anual.

$$VAE = VPN \cdot \frac{(1 + r)^n \cdot r}{(1 + r)^n - 1}$$

Donde n es el año del proyecto y r es la tasa de descuento anual.

También es importante señalar que, más allá de las conclusiones que se pueden obtener a partir del indicador VAN, al tomar la decisión sobre la ejecución del proyecto, se debe considerar siempre en la decisión final, los beneficios y costos que presentaron dificultades para ser identificados o cuantificados, o valorados en unidades monetarias, es decir, las limitaciones de la 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, el Valor Residual.

c) Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno mide la rentabilidad promedio que tiene un determinado proyecto. Matemáticamente, corresponde a aquella tasa de descuento que hace el VAN igual a cero. La TIR se usa complementariamente al VAN, ya que normalmente son criterios equivalentes.

$$-I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

El criterio de decisión al aplicar la TIR es el siguiente:

- Si la TIR es mayor que la tasa social de descuento: es conveniente ejecutar el proyecto
- Si la TIR es igual que la tasa social de descuento: es indiferente ejecutar el proyecto
- Si la TIR es menor que la tasa social de descuento: no es conveniente ejecutar el proyecto

iv. Momento óptimo

En algunos proyectos, además de los indicadores antes señalados, es necesario determinar cuál es el mejor momento (óptimo) para iniciar la fase de inversión. Así, podría ser conveniente retrasar la puesta en marcha del proyecto por uno o más períodos.

El momento óptimo de ejecutar estos proyectos puede estimarse a partir del criterio VAN el cual deberá calcularse además suponiendo que la inversión se desplaza un período más. Si el VAN de hacerlo en el período calculado originalmente es mayor que el de postergarlo un período, entonces se ha demostrado que el proyecto debe materializarse a la brevedad posible. Por otra parte, si el VAN de postergar el proyecto es mayor significa que este debe postergarse y en tal caso deberá calcularse el VAN de postergar el proyecto dos períodos y así sucesivamente hasta que se encuentre la relación:

$$\text{VAN}(n) > \text{VAN}(n+1)$$

Donde

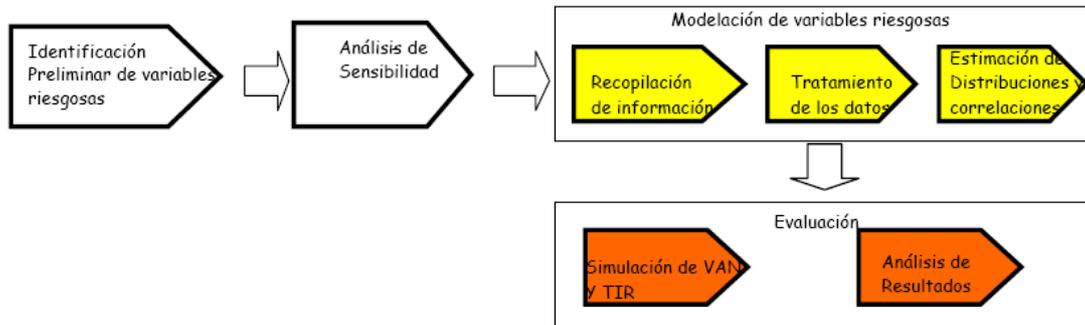
n y ***n+1*** representan los últimos flujos considerados en los perfiles del proyecto.

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 común a los proyectos de agua potable, donde los beneficios netos del proyecto dependen de variables como la población y su tasa de crecimiento. Con el aplazamiento de la inversión inicial, se espera un incremento en los beneficios por un mayor consumo de agua potable; se debe proyectar la nueva demanda; la curva de demanda de agua crecerá; se requiere entonces una optimización y se espera por tanto un cambio en la tasa de descuento.

En la Figura 15 se presentan las curvas de beneficios y costos actualizados. La diferencia entre ambas curvas representa el VAN para distintas alternativas de diseño estudiadas; el tamaño óptimo del proyecto corresponde a T^* , el que maximiza el VAN del proyecto.

i. Evaluación económica bajo incertidumbre

Figura 16. Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación bajo incertidumbre



Fuente: Estudio Análisis para el Mejoramiento del Proceso de Evaluación de Proyectos de Riego. Julio de 2007.

ii. Identificación preliminar de variables riesgosas

El primer paso consiste en identificar las variables que poseen una componente de incertidumbre y que es probable que afecten la rentabilidad del proyecto bajo análisis. El analista debe concentrarse en aquellas variables que tengan efecto sobre el flujo de beneficios y costos del proyecto. Si bien esto depende de cada caso en particular, es posible señalar a modo de ejemplo las siguientes variables a las que el analista debe realizar un análisis de 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
 - Fluvimetría y pluviometría (variable aleatoria)
 - 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).

iii. Análisis de sensibilidad de las variables riesgosas

Una vez identificadas las variables con un grado importante de incertidumbre, se recomienda realizar un análisis de sensibilidad que permita cuantificar el efecto que tiene cada variable sobre la rentabilidad final del proyecto. Este análisis permite al evaluador centrar la búsqueda y recopilación de información sólo en aquellas variables que tienen un efecto importante sobre la rentabilidad del proyecto.

Se sugiere sensibilizar cada variable aumentando o disminuyendo su valor en un 10% sobre el valor utilizado en la evaluación bajo certidumbre. Una vez efectuado esto se registra el VAN del proyecto al modificar la variable bajo análisis y se calcula el cambio porcentual en el VAN del proyecto siguiendo la siguiente expresión:

$$\Delta\%VAN = \frac{VAN(\pm 10\%) - VAN \text{ base}}{VAN \text{ base}}$$

Donde:

$\Delta\%VAN$: Cambio porcentual en el VAN del proyecto al modificar la variable bajo análisis.

$VAN(\pm 10\%)$: VAN del proyecto al modificar en un $\pm 10\%$ el valor de la variable.

$VAN\ base$: VAN del proyecto calculado con el "valor 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:

$$Elasticidad_{VAN,X} = \frac{\Delta\%VAN}{\pm 10\%}$$

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.

a) *Recopilación de información histórica de las variables riesgosas*

Este paso consiste en la recopilación de información histórica de las variables seleccionadas en la etapa anterior.

En este caso se debe recurrir 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. Se recomienda recopilar básicamente los datos de Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Oficina Nacional de Planificación Agrícola (ODEPA), la Dirección Nacional de Aduanas, Superintendencia de Servicios Sanitarios, Superintendencia de Energía y Combustibles, Ministerio de Minería y toda otra institución pública o privada que disponga de información relevante (esta última para los precios de exportación de productos agrícolas). Se debe determinar desde que año se considerarán los datos recopilados para efectos del cálculo de las distribuciones de probabilidad.

Para aquellas variables que no existe información secundaria disponible, se debe analizar la posibilidad de levantar directamente esa información. Este puede ser el caso de variables como costos de inversión de las obras ejecutadas, estructura de cultivos, superficie bajo riego, tiempo de construcción de las obras y tasa de incorporación al riego. Es probable que levantar información de este tipo implique un costo inicial relativamente alto, por lo que llevar adelante un estudio de este tipo se justifica cuando los beneficios generados por esta información superan los costos de obtenerla.

b) *Tratamiento de los datos*

Los datos recopilados en la etapa anterior deben pasar por una etapa previa de análisis y tratamiento. Como primera actividad, todas las variables expresadas en términos monetarios (precios y costos) deben ser expresadas en moneda de un

año base. Para tal efecto se debe seguir el siguiente procedimiento para los valores de cada uno de los datos históricos (Valor año i):

$$\text{Valor año base} = \text{Valor año } i * (\text{IP año base} / \text{IP año } i)$$

En el caso de los proyectos “industriales”, se recomienda utilizar el Índice de Precios al por Mayor (IPM). Para otros bienes, se recomienda ajustar por el indicador más pertinente.

$$\text{Valor año base} = \text{Valor año } i X (\text{IPM año base} / \text{IPM año } i)$$

c) *Análisis de consistencia de datos:*

El segundo paso consiste en analizar la consistencia de los datos recopilados, ya que es común observar en series históricas, errores de consistencia de los datos. Detectar lo anterior requiere una revisión de los datos históricos con el objetivo de detectar si hay valores omitidos (fechas en las que no se registran valores) o valores que difieran sustantivamente de los de las restantes fechas. En estos casos se debe analizar si existe alguna razón fundamental (de oferta y demanda en el mercado) que explique esa ausencia de datos o esa disparidad de valores, de no ser así se sugiere eliminar aquellos registros que se alejen en forma notoria de la tendencia que muestra la variable (outliers) y que reflejen un error generado por el mecanismo de captura o registro de la información histórica.

Para la detección de outliers se sugiere graficar la serie histórica de datos. El análisis gráfico permite también identificar un tercer tema de análisis (los dos primeros eran los valores omitidos y los outliers): cambios estructurales, que se identifican por una discontinuidad en la serie. Los cambios estructurales pueden estar provocados, por ejemplo, por un cambio en las políticas regulatorias. En el caso particular de series de precios podría estar provocado por un cambio en las políticas de impuestos o por un cambio en los límites de precios fijados por el Estado (si fuera el caso).

iv. Métodos de solución

Para el caso de outliers, que no tengan razones fundamentales de respaldo, se propone eliminarlos, ya que de no existir dichas razones, lo más probable es que se trate de un error de registro que distorsionará las estimaciones posteriores (en particular la estimación de distribuciones de probabilidad).

Para el caso de datos omitidos, si se sabe que esos datos (por ejemplo un precio) 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 o misiones. 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, lo que se debe hacer es identificar claramente los períodos en los que se generan discontinuidades o “saltos”, para considerar ese evento en el paso siguiente de estimación de las distribuciones de probabilidad. Lo anterior para testear si las distribuciones obtenidas con datos antes del quiebre y después del mismo, son iguales o no. En caso de resultar iguales no habría problemas para los pasos siguientes de la metodología, pero en caso de resultar distintas, es decir, en el caso que el quiebre altera la distribución de probabilidad de los datos, se proponen dos alternativas de solución:

- Si hay suficientes datos en las fechas posteriores al quiebre: seleccionar la distribución obtenida al trabajar exclusivamente con datos posteriores al quiebre.
- Si no hay suficientes datos en las fechas posteriores al quiebre, se obtienen distribuciones distintas pre y post quiebre, y se estima razonablemente que dicho quiebre no debiese repetirse en el futuro (considerando como “futuro” el horizonte de evaluación de los proyectos a los que se les aplicará la distribución), se propone eliminar la discontinuidad sustituyendo los tres datos previos y los tres posteriores al “salto”, por datos obtenidos mediante promedios móviles o alisamientos exponenciales, de forma que se elimine el “salto” manteniendo continuidad en la serie de datos.

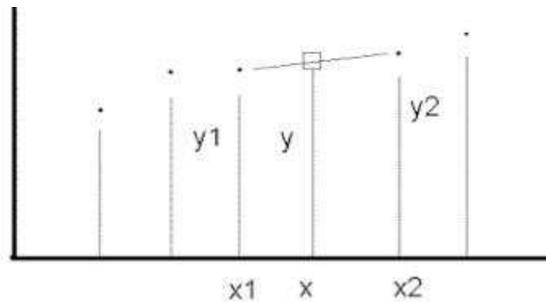
Cuando no se dispone de una función que permita calcular directamente el valor de una variable **dependiente Y** en función de otra **independiente X**, sino que la información está distribuida de forma discreta (esto es, en puntos concretos) se hace necesario emplear métodos de interpolación que permitan obtener una aproximación en cualquier punto del dominio.

Entre los posibles métodos de interpolación podríamos considerar

- Lineal
- Exponencial
- Logarítmico

No obstante, debido a su sencillez y a que está comúnmente aceptado únicamente se expondrá el método de interpolación lineal. Supóngase que se quiere estimar el valor “y” asociado al punto “x”. Según el método de interpelación lineal (ver Figura 2) 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 17).

Figura 17. Interpolación lineal



Fuente: Basefinanciera.com

La expresión matemática de dicha recta, que permitirá calcular el valor de “y”, será

$$y = y1 + (x - x1) \frac{y2 - y1}{x2 - x1}$$

Donde X1 y X2 en este caso corresponden a la última fecha no eliminada antes del “salto” y la primera fecha no eliminada después del salto, respectivamente, siendo Y1 el último valor de la serie antes del salto, en la fecha x1 e Y2 el primer valor de la serie después del salto, en la fecha x2.

Por último, si no existen suficientes datos históricos para alguna variable (se sugiere no trabajar con menos de 10 datos históricos considerando series mensuales), se recomienda suponer una distribución triangular, con valores medio, máximo y mínimo obtenidos de los datos históricos disponibles.

v. Estimación de las distribuciones de probabilidad de las variables riesgosas

Se procede a estimar las distribuciones de probabilidad acumulada de cada variable riesgosa. Para **modelar precios de acciones y commodities** en los métodos de simulación se supone generalmente que los precios siguen un Proceso de Wiener generalizado (tiene un drift constante μ y una varianza constante σ^2). En la práctica se supone que el drift y la varianza sean una proporción del precio S y se puede mostrar entonces el modelo de comportamiento de precios, conocido como Movimiento Browniano Geométrico, a través de la siguiente ecuación diferencial estocástica:

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

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

$$\ln S_T = \left[\ln S + \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) T + \sigma \sqrt{T} \xi \right], \text{ con } \xi \sim N(0,1)$$

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 (ver ejemplo).

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. En este caso, se dice que la variable sigue un proceso de reversión hacia la media, el cual puede ser representado por la siguiente ecuación diferencial estocástica:

$$dS_t = k(m - S_t)dt + \sigma dW_t \text{ Para } t=0 \dots N$$

Siendo k la velocidad de reversión a la media y m el nivel de largo plazo al cuál revierte la variable S . La volatilidad de S es σ y 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 lento¹². Este parámetro se puede estimar mediante un modelo regresivo de orden uno del tipo:

$$S_t = S_{t-1} - k[S_{t-1} - E(S)] + \varepsilon_t$$

En tanto, el parámetro m puede ser estimado por la media histórica de los datos de S , aunque también podrían aplicarse modelos más sofisticados.

En conclusión, se solicita comparar 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.

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

¹² Villalpando, L.: "Simulación de Precios del Petróleo Brent", 2007.

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 a lo 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.

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:

Valor de probabilidad (P - Value): Este indicador 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.

Valor crítico: Representa el mayor valor del estadígrafo que -dado un nivel de confianza predefinido- aceptaríamos como un 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.

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.

vi. Determinación de la existencia de correlación entre las variables riesgosas

El tratamiento de las variables riesgosas dependerá de si existe o no correlación entre ellas. Para determinar esto se debe calcular el coeficiente de correlación de cada variable con respecto a las otras variables bajo análisis. El coeficiente de correlación se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\rho_{X,Y} = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y}; \text{ con } \sigma_X = \sqrt{V(X)} \text{ y } \sigma_Y = \sqrt{V(Y)}$$

Si el coeficiente de correlación es cero, las variables riesgosas son independientes. Por el contrario, si el coeficiente de correlación es distinto de cero las variables muestran algún grado de correlación y por lo tanto, se debe proceder a estimar la matriz de co-varianzas.

vii. Simulación de VAN

Una vez determinadas las funciones de distribución de las variables y el grado de correlación existente entre ellas, se incorpora esta información en el flujo de caja

del proyecto, lo que permite generar una función de distribución para el VAN del proyecto¹³.

Con esta información es posible generar indicadores para la toma de decisiones. Un indicador de gran utilidad es el Value at Risk (VaR): Pérdida máxima que se puede incurrir con un determinado grado de confianza, en un determinado intervalo de tiempo. Otro es la probabilidad de que el VAN del proyecto tenga un valor negativo.

viii. 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:

$$\ln S_T = \left[\ln(79907,5) + \left(-0,08\% - \frac{19,9\%^2}{2} \right) T + 19,9\% \sqrt{T} \xi \right]$$

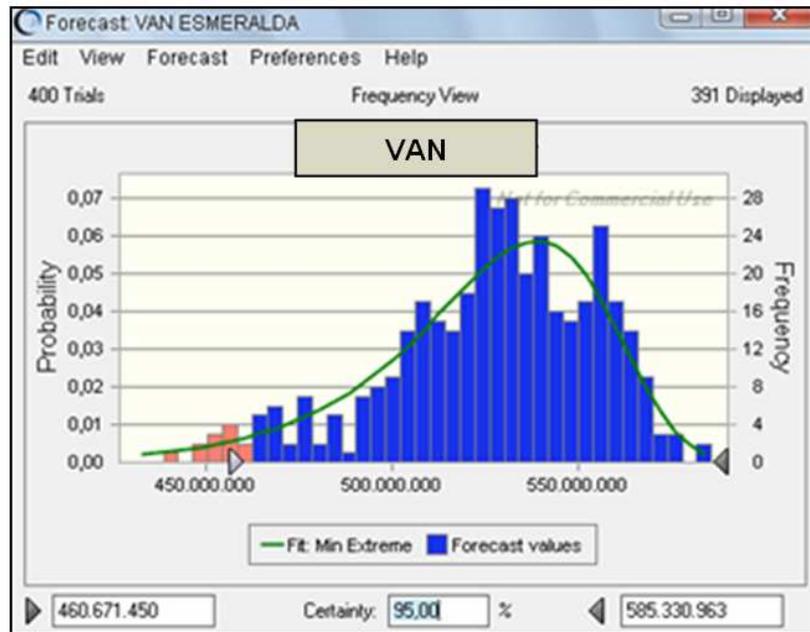
Con el primer número aleatorio generado para ξ , se obtuvo en Excel un valor de $69188,983$ para S_1 , luego se aplica la misma ecuación para calcular S_2 en función de S_1 , μ y σ^2 y de un nuevo número aleatorio para ξ , y así sucesivamente.

b) Ejemplo 2

El VAN social del proyecto es de \$ 557.574.448. El análisis indica (recuadro inferior izquierdo) un VAN (95%) de \$ 460.671.450, por lo tanto, la pérdida máxima (VaR) es de \$96.902.998 con un 5% de probabilidad en los 30 años de vida útil del proyecto (Figura 18).

¹³Ello puede hacerse mediante una simulación, la que pueden ejecutar con apoyo de softwares especializados tales como Crystallball, @Risk, o con macros sobre Excel.

Figura 18 Distribución de Frecuencia de los resultados del VAN con Crystallball



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

La Figura 19 muestra una salida de una simulación de un proyecto, realizada con el software @Risk siguiendo el procedimiento antes descrito.

Figura 19. Estadísticas de la simulación de un proyecto de Riego

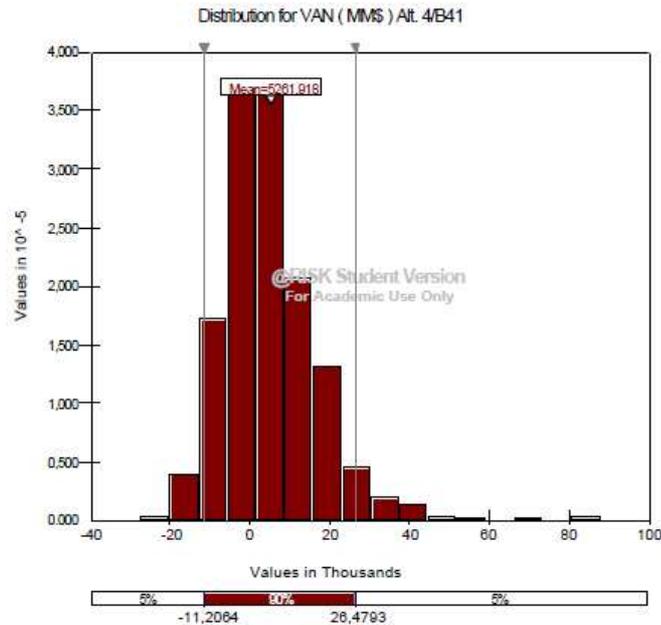
Resultados	
Estadísticas generales	
Iteraciones	1.000
Media	5.262
Mínimo	-27.064
Máximo	88.004
Std Dev	12.105
Variance	146.537.800
Probab. VAN < 0	35,79%

Fuente: Elaboración propia en base a “Estudio Análisis para el Mejoramiento del Proceso de Evaluación de Proyectos de Riego”. Julio de 2007.

d) Ejemplo 4

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 20. 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.

e) Ejemplo 5

El software de análisis de riesgo @Risk permite realizar este análisis para las siguientes funciones de distribución (Tabla 3)

Tabla 3. 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.

4.3. Metodología de Formulación y Evaluación de Obras de Riego

Uno de los efectos en la mayoría de los proyectos multipropósito de embalses y obras hidráulicas anexas es proveer agua para riego. Esto se debe a que uno de los problemas que enfrentan los productores agrícolas es la escasez y/o el suministro irregular de agua para el más rentable desarrollo de su actividad.

Un sistema de riego es básicamente un conjunto de obras destinadas a la captura, transporte, distribución y regulación de los recursos hídricos, desde su nacimiento hasta los lugares donde serán utilizados. Proyectos relacionados con este fin son:

- Ampliación y mejora de las infraestructuras o el sistema de riego existentes.
- Construcción de nuevas obras.
- Drenaje del potencial de las tierras agrícolas.
- Transferencia de tecnología para mejorar los sistemas de aplicación de agua.
- Cambios en los sistemas de producción que ya existen a fin de optimizar la utilización de los recursos hídricos disponibles.

La caracterización y las funciones por cada una de los tipos de obras son los siguientes:

- Obras de captación: corresponden a 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.
- Obras de conducción: su función es permitir trasladar el agua desde la captación hasta las obras de regulación o de distribución.
- Obras de distribución: corresponden a las redes de canales secundarios y terciarios que llevan el agua desde un canal matriz (obra de conducción) hasta los predios. Además de los canales, se incluyen los marcos partidores, compuertas, cámaras y estructuras de mediación del flujo de agua.
- Obras de regulación: sirven para el almacenamiento del recurso hídrico que escurre durante los períodos en que no es utilizado, para usarlo cuando se produzca un déficit del mismo o para aumentar la superficie bajo riego, buscando independizar la disponibilidad del agua de los eventos climáticos.

Dentro de esta categoría se incluyen los embalses de regulación anual y multianual y los tranques de regulación nocturna o de temporada, cuyo objetivo es proponer un conjunto de inversiones que ayudan a aumentar la disponibilidad de los recursos hídricos, y/o regular a lo largo de la campaña agrícola, redistribuir el agua y/o mejorar el uso eficiente de los recursos hídricos. Esto permite la incorporación de nuevas tierras a la producción agrícola y/o mejorar los ingresos de los que se regaron.

El objetivo final es reducir la brecha que existe entre la oferta y la demanda de agua para producción agropecuaria, en atención a que normalmente las épocas de mayores lluvias no coinciden con las de mayor irrigación o requerimiento hídrico de los cultivos. De esta forma, a través de los proyectos se persigue dar garantías a los beneficiarios respecto de los siguientes aspectos:

- Que dispondrán del volumen de agua que necesitan y que esta disponibilidad será oportuna
- 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.
- Que se sabrá con anticipación al período de riego el agua que podrá ser captada.

El formulador debe tener en cuenta si existen requisitos diferentes para el agua en diferentes estaciones del año. Es posible que el riego de invierno, tenga ciertas características sobre la necesidad y oportunidad de los recursos hídricos, que son diferentes de los requisitos en el verano. Además, debe explicar cómo el proyecto afectará a todos los usuarios del sistema. Por ejemplo, si está considerando la construcción de un canal, hay que tener en cuenta que un diseño inadecuado puede llevar a acentuar las diferencias entre los usuarios que están más cerca de la fuente de captación respecto de los que están más alejados. Un proyecto inadecuado puede llevar a que la cabecera no tiene problemas en el momento de alta demanda de agua, pero los de más abajo pueden recibir un caudal reducido, que está muy por debajo de sus expectativas.

También debe tener en cuenta que las obras deben ser priorizadas en relación con la función que debe cumplir toda la infraestructura en su conjunto. Por ejemplo, no se puede priorizar el revestimiento de un canal cuando es más urgente asegurar la captación de agua. De hecho, la eficiencia de la conducción ya no es una prioridad, cuando los flujos están por debajo de la capacidad de todo el sistema.

Para que este tipo de proyecto tenga éxito es necesario que, además de la inversión en infraestructura, se realicen cambios en los sistemas de producción en el área de influencia, que puede ser respecto a la incorporación de avances tecnológicos como los sistemas de riego dentro de la parcelas, como las mejoras metodológicas en los procesos de producción y comercialización de productos originalmente cultivados, diversificación de cultivos, reconversión productiva, la adaptación de especies y áreas de acuerdo a la disponibilidad de agua, la programación de siembras, la complementariedad productiva de los rubros, organización y capacitación de la comunidad involucrada en los diferentes aspectos relacionados con el proyecto, etc.

Ello significa por tanto, que no es posible obtener desarrollo agrícola eficaz sólo con el hecho de tener más agua. Este efecto debe ir acompañado de un cambio en el desarrollo de la agricultura.

Para la estimación de los beneficios del agua en los proyectos de riego, pueden aplicarse diferentes metodologías: valor de los excedentes agrícolas, valor

incremental de la tierra y transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas. Los primeros, estiman a través de métodos indirectos los beneficios de disponer de más agua para riego. Al no conocerse el valor del agua que éste proveerá, consideran los beneficios por aumento de excedentes agrícolas y valor de la tierra, respectivamente, "equivalentes" a los beneficios de disponer de más agua y se comparan con los costos de inversión, operación y mantención de las obras de riego que lo generan. En lo que sigue, se describen estos métodos y se identifican aspectos exclusivos para la formulación y evaluación de proyectos cuyo propósito es aumentar la superficie de riego y que no fueron abordados en el capítulo de metodología general.

I. 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, pudiendo impactar sobre los mercados de bienes e insumos relacionados con ellos; también pueden generar más actividad económica no sólo en el área del proyecto sino en toda la zona donde éste se ubica. Así, es posible y probable que los efectos indirectos, directos secundarios y externalidades no captados por las metodologías vigentes pudieran cambiar, en el caso del riego, la rentabilidad social de los proyectos.

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 poder 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. 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.

La siguiente secuencia de acciones corresponde a aquellos elementos de la metodología de evaluación que son exclusivos para los proyectos de riego y que son comunes al análisis que debe efectuarse en forma independiente de los métodos utilizados.

i. Estudios básicos

a) Suelos

Se debe tener presente que posterior a la detección de potenciales áreas de riego es necesario efectuar un reconocimiento detallado de estos, con el fin de determinar las reales posibilidades de producción, las cuales para proyectos de riego se recomienda realizar a una escala de terreno de 1:20.000 y para proyectos de drenaje a escala 1:10.000 o menor. 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 de: 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 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.

El estudio debe incluir la caracterización general del área, la descripción de series de suelos, rango de variación y la ubicación geográfica, un detalle de las características de cada fase indicando además su Clase y Subclase de Capacidad de Uso, Categoría y Subcategoría de Riego, Clase de Drenaje, Aptitud Frutícola, Aptitud Agrícola y Erosión. En aquellos proyectos en donde se utilicen suelos sobre cota de canal, es recomendable elaborar un mapa con el uso actual de los suelos, de tal forma de contar con la cota piezométrica necesaria para efectuar los cálculos correspondientes a elevaciones mecánicas.

b) Clima y Agroclima

El informe o estudio de clima y agroclima debe elaborarse en función de las fuentes de mayor actualización¹⁴.

c) Población objetivo¹⁵

El área de influencia debe subdividirse en sectores de riego de acuerdo a la extensión y heterogeneidad que ésta presente, lo que estará en función de la red de canales de riego actual o propuesta, 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 previo a la aplicación de la encuesta, y esta 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 VI Censo Nacional Agropecuario del INE y antecedentes previos recopilados en la zona¹⁶. En esta

¹⁴ 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 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.

¹⁵ 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.

¹⁶ Debe recalarse 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.

actividad se debe elaborar un mapa de propiedades sobre un mapa base a la escala requerida por el proyecto.

d) Aspectos Sociales

Se debe caracterizar la población comunal en sus aspectos socio-económicos. Se debe precisar que la definición de estos aspectos en áreas específicas del estudio se debe complementar con encuestas efectuadas en terreno¹⁷.

e) Mercados

Es necesario determinar el destino de la producción y los efectos de los tratados de libre comercio con el objeto de calcular la evolución de los precios en los distintos mercados. Habitualmente se diferencian las cotizaciones en los mercados, aunque en muchos casos con antecedentes puntuales de precios.

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.

Se debe realizar un estudio de mercado, comercialización y precios de productos tanto para la situación actual como para la situación optimizada y con proyecto. Esto último, se efectuará a través de la determinación de aquellos productos que son potencialmente atractivos y para los cuales se propondrá su incorporación o intensificación en el área de influencia del proyecto¹⁸.

ii. **Determinación de la 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.

En el caso de que estos cambios sean previstos, es necesario justificarlo a través de efectos observados. Es importante precisar cuándo serán producidos 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

¹⁷ Los antecedentes sociales deben ser recopilados mediante la revisión bibliográfica disponible en el Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Ministerio de Planificación (MIDEPLAN) y Municipalidades.

¹⁸ La selección de los rubros a analizar debe basarse en la información proporcionada por las encuestas censales del VI Censo Nacional Agropecuario del 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.

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.

Se deben identificar las hectáreas involucradas en el proyecto, dividiendo los cultivos de la situación sin proyecto y que se podrían mejorar con su actual sistema de riego y los que se incorporan como resultado del proyecto. Cabe señalar que las hectáreas mejoradas son las que se producen con el sistema de riego actual, pero que necesitan eficientar su producción. Esta superficie se incorpora a la que hoy no es de regadío.

Luego, en cada área del proyecto se debe proyectar una estructura más razonable de cultivos, respecto del rendimiento de cada uno de cada cultivo y del método de riego a ser utilizado con sus respectivos niveles de eficiencia. Hay 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.

Para definir la estructura de cultivos de las situaciones CP y SP es necesario levantar algunos supuestos acerca de cómo los agricultores deciden sobre el cultivo de sus tierras.

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.

a) Encuesta Simple

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, cuya distribución y cobertura dependerá de los estratos de tamaño presentes al interior 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. La determinación del tamaño muestral debe provenir de un cálculo estadístico que considere un nivel de confianza y un margen de error lo suficientemente ajustado para que la

muestra sea considerada representativa de la población y se pueda realizar inferencia estadística de ella. Típicamente se utiliza un nivel de confianza de un 95% y un margen de error no superior al 4%. Por otro lado, debe incorporar el tamaño de la población y el coeficiente de variación (razón entre desviación estándar y la media) para la determinación del tamaño muestral. En el caso de no contar con antecedentes poblacionales, se deberá suponer máxima varianza de la población¹⁹.

b) Predios Promedio y Estudio de Casos

La metodología de obtención de Predios Promedio corresponde a una situación intermedia entre Predios Tipo Reales y Predios Tipo Promedio. Esta consiste en la subdivisión de cada estrato de tamaño, 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.

Cabe señalar que esta mecánica es idéntica a la de los predios tipo reales, con la diferencia que al momento de seleccionar el predio promedio, no se elige a ningún rol presente al interior de la subdivisión predial, optándose por seleccionar un predio que sea el promedio de ellos.

c) Uso del Suelo

Para efectuar una adecuada caracterización del área, 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.

d) Fichas de Cultivo

¹⁹ Para mayores detalles metodológicos, ver *Sampling Techniques* de William G. Cochran (1977).

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 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.

iii. Determinación de la demanda 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, 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.

a) Factor Hídrico para ser Usado en un Modelo de Simulación Hidrológico

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. Es importante considerar que el criterio con el cual actualmente se elaboran los proyectos de riego, correspondiente al de 85% de seguridad de riego, no es el más adecuado debido a que no 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-anales 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.

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 el año 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 otros.

La demanda de agua para riego se determina en función de las necesidades de este recurso por los distintos sectores: agrícolas y no agrícolas.

b) Determinación de la demanda de agua para uso agrícola

En el caso de la demanda de agua para el riego se puede determinar a nivel de terreno (la demanda de agua de los cultivos) y al nivel de presas y sistemas de riego.

(1) Demanda de agua para los cultivos

La determinación de esta demanda requiere de ecuaciones que evidencien las necesidades de agua para cada tipo de cultivo. Estos requisitos están relacionados con factores tales como evaporación, precipitación efectiva, eficiencia del riego, etc.

La demanda de agua para un cultivo particular X (Dx) 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. La demanda mensual se calcula multiplicando la superficie total cultivada con X (A) que son afectadas o regadas por el proyecto por el módulo de riego correspondiente (MR) correspondiente.

$$D_x = [A] * [MR]$$

La demanda de agua del total de hectáreas del proyecto se expresa en litros por segundo (l/s).

Donde:

[A] es el número de hectáreas;

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

$$[MR] = \frac{RV * 1000 \text{ (l/m}^3\text{)}}{3.600 \text{ s/hr}} * \frac{1}{(N^\circ \text{ días riego/mes}) * (N^\circ \text{ días riego/mes}) * (ER)}$$

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.

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.

El requerimiento volumétrico mensual de agua RV, es la cantidad adicional 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:

$$RV = (UC - PE) \cdot 10^{20}$$

Donde:

²⁰ Sólo para efectos de escritura de la fórmula.

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

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

Luego, el uso consuntivo resulta de:

$$UC = EPC \cdot K$$

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 (A) por el factor de cultivo (f) según la siguiente fórmula:

$$K = \frac{\sum A \cdot f}{\sum A}$$

Donde:

A se expresa en hectáreas y;

f 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.

La determinación de la demanda de agua en la situación sin proyecto es compleja ya que requiere la información descrita anteriormente. No obstante el mayor inconveniente se presenta para determinar la demanda de agua correspondiente a la situación con el proyecto. Ello en atención a que con el proyecto puede esperarse que sean incorporados nuevas tierras a la producción agrícola o que haya cambios en el tipo de cultivo en una zona determinada.

(2) La demanda de agua en embalses y obras de riego

Para su estimación se analiza el sistema de canales extraprediales y la infraestructura de regulación nocturna con el fin de determinar las pérdidas de conducción (infiltración en canales) y derrames en el sistema, sobre la base de las demandas de los cultivos en el terreno. Luego de aplicados los factores de eficiencia son determinadas las demandas totales a nivel de presas y sistemas de riego. La demanda de agua debe ser calculada mensualmente ya que los requerimientos pueden variar de mes a mes.

c) 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 metodología para la obtención de las demandas de agua en situación futura o con proyecto es básicamente la misma que en situación actual o sin proyecto, con la diferencia que ésta se determina para cada uno de los cultivos con potencial asignados por Predio Promedio y sector de riego.

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 a la inversión privada de obras de riego y drenaje. Éstas variarán según sea el método de riego de que se trate, ya sea éste presurizado o tradicional.

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.

d) Factor Hídrico para ser Utilizado en el Modelo de Simulación

La metodología de cálculo del factor hídrico sobre la producción de los cultivos es idéntica a la señalada en la situación actual o sin proyecto que ya ha sido descrita.

e) Indicadores de Capacidad de Pago

Dependiendo de la orientación del financiamiento del proyecto, es factible utilizar dos modalidades; la primera corresponde al análisis financiero y recuperación de costos, la cual es utilizada en proyectos financiados por medio del DFL N°1.123, y la segunda, definida por la determinación del DAP, para proyectos acogidos a la Ley de Concesiones.

En el primer caso, debido a que son los agricultores los que deben pagar en forma directa la inversión y operación atribuible al proyecto, el análisis financiero y de recuperación de costos es una herramienta acertada para determinar las cuotas de pago. En cambio la determinación del DAP (Disposición a Pagar Máxima), está referida a estimar el valor máximo del precio del agua, situación que se ajusta a los requerimientos del Concesionario, el cual debe financiar su proyecto a través del cobro que realiza por proveer el recurso hídrico.

Sin perjuicio de lo anterior, en aquellos proyectos que son financiados por el DFL N°1.123, cuando existen excedentes de agua, el método del DAP permite valorizar este recurso para destinarlo a eventuales ventas o arriendos fuera del área de estudio, pero que representan un beneficio adicional al proyecto en cuestión, mejorando los índices finales de rentabilidad.

iv. Determinación de la oferta de agua

Debe realizarse un análisis de la oferta de recursos hídricos para las situaciones SP y CP. La información relevante para el análisis de la oferta debe considerar los siguientes componentes:

a) 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.

b) Operación y mantenimiento del sistema de riego

Se refiere a las técnicas de riego utilizadas, la eficiencia con la que actualmente se realiza costos de riego, operación y mantenimiento involucrados, etc.

c) Las organizaciones y los usuarios existentes y la manera en que operan.

El suministro de agua disponible debe calcularse sobre una base mensual ya que los flujos pueden variar de mes a mes. Además, muchos proyectos se llevan a cabo para regular el suministro de agua a fin de garantizar su disponibilidad durante todo el año.

v. Déficit de agua para uso agrícola

Una vez identificado el área afectada por el problema del agua, hay que delimitar las áreas de influencia del proyecto, es decir, las que participan en la clasificación de hectáreas mejoradas e incorporadas. Esto es así porque el proyecto no necesariamente podrá satisfacer toda el área afectada.

Para las hectáreas mejoradas, el déficit de la demanda de agua para riego se determina mediante la diferencia entre la cantidad de agua demandada y la ofrecida actualmente. 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:

$$\text{BH} = \text{DIA} = \text{DT} - \text{OA}$$

Balance Hídrico = Demanda insatisfecha Actual = Demanda Total - 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 asignación utilizados**. Hay que tener 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 base óptima 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.

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 con la capacitación.

a) Alternativas de solución

De los estudios que forman parte del diagnóstico debe identificarse el potencial agrícola de los cultivos pertinentes. Al comparar este potencial con el nivel actual de rendimiento de la agricultura surgen ideas o alternativas de proyectos que permiten el desarrollo de la actividad.

Cada una de las soluciones o alternativas identificadas previamente debe incluir la siguiente información:

- *Especificación de los rasgos distintivos de la alternativa*
- *La ubicación y la influencia de proyecto alternativo*

Es importante detallar la ubicación del proyecto alternativo en la zona indicando el número de hectáreas que se beneficiarán de ella. Si el diseño alternativo no

cubre toda la zona afectada por el problema detectado, se debe indicar qué proporción será.

Para los proyectos de infraestructura de riego hay que distinguir entre las hectáreas tratadas, mejoradas e incorporadas.

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 que se refiere al diseño y planificación técnica de la construcción, mejora y/o ampliación de la infraestructura para el riego. El análisis hidráulico de la planificación debe tener 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 de la fluviales, la geología, la anchura de la cama y su pendiente longitudinal de las condiciones topográficas de la zona, el máximo caudal, los ríos mínimo y extraordinaria, la cantidad de agua ser capturados, etc.
- En muchos casos el sistema de captación 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 a la ruta, esto 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 de una fuente a la cabeza de las granjas.
- 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 riego. Esto requiere el diseño de estructuras de almacenamiento para resolver estos déficits temporales. Se debe especificar el volumen de almacenamiento de agua.

- Dispositivos adicionales en obras hidráulicas: acueductos, las caídas y saltos, alcantarillado, canoa, sifón invertido, etc.
- Sistemas y tecnologías de riego: debe proponerse el sistema de riego; por aspersión, goteo, gravedad, etc. Es importante indicar si la modificación se producirá en el sistema de riego, especificando el equipo necesario para esto y los niveles de eficiencia de riego, debido a este cambio.
- De 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, se debe tener en cuenta el sistema con el agua que fluye a través de ellos, el tipo de cultivo y la textura del suelo.

En el caso de los proyectos de mejora de los sistemas de riego, se debe considerar medidas de optimización como las reparaciones de la infraestructura existente. Asimismo, todas las medidas de optimización deberán ser evaluadas independientemente de las demás en la medida en que sean separables. De la misma forma, 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 riego.

b) Los beneficios y costos asociados con proyectos de riego

Los beneficios atribuibles a los efectos del riego se relacionan con 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 rentable de los cultivos.

Proyectos cuyo propósito es el riego que los costos asociados que son los costos de inversión directa (de riego, nivelación de tierras, construcción de zanjas o lagunas, desmontaje, etc.) y los costos de operación y mantenimiento del sistema de riego.

II. Metodologías para determinación de beneficios

Para determinar los beneficios netos se pueden utilizar métodos alternativos:

- Método de presupuesto, que consiste en estimar el valor presente neto de una 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.

A continuación, profundizar en estos métodos.

4.3.1. Método del Presupuesto

Los proyectos de riego se caracterizan por tener como objetivo aumentar la disponibilidad y/o seguridad de agua para riego, lo que implica un incremento en la producción agrícola asociada a la superficie beneficiada con mayor disponibilidad de agua. El **Método del Presupuesto (MP)** estima los beneficios netos que se obtendrán por el aumento de la producción por causa de la mayor disponibilidad de agua.

Así, el beneficio agrícola estará dado por el valor neto de la producción agrícola adicional producto de la mayor disponibilidad adicional de agua, lo que implica un aumento en la cantidad de hectáreas cultivadas o un cambio en la estructura de cultivos, hacia una estructura más rentable.

Para el cálculo de los beneficios se utilizan proyecciones de precios y de producciones por hectárea. Las producciones por hectárea para cada cultivo se estiman a base de la información disponible de los últimos años. Por lo tanto, el MP se utiliza para determinar los beneficios netos del análisis de los mercados de los productos agrícolas que se obtendrían con el uso de la mayor disponibilidad de agua debido al proyecto.

Para estimar la situación agrícola CP se define un patrón de cultivo con rendimientos y producciones por hectárea que son los que se obtendrían con la construcción del proyecto.

Para obtener los beneficios netos anuales atribuibles a la disponibilidad de agua, se restan a los beneficios agrícolas los costos necesarios para obtener la producción agrícola. Los costos y beneficios deben proyectarse en forma anual, para actualizarlos con la tasa de descuento y obtener el valor presente de los beneficios netos.

Uno de los problemas del MP es que los flujos utilizados para su evaluación se basan en variables aleatorias (por ejemplo caudales para riego, clima, entre otros, las que no necesariamente deben repetirse en el futuro), lo que puede significar una sub o sobre valoración de los beneficios netos atribuibles al proyecto. Debido a esto, para el cálculo de los beneficios se debe trabajar con valores esperados.

i. Análisis microeconómico de los beneficios agrícolas

La disponibilidad de más agua permite que los agricultores aumenten su producción y eso significa beneficios para la sociedad ya que esta producción es valorada por los consumidores. El beneficio de tener más agua está dada por el valor social de la producción agrícola adicional producto del proyecto realizado en la zona: diferencia entre los excedentes agrícolas de las situaciones CP y SP.

Los beneficios agrícolas se estiman sobre la base de las proyecciones de los precios y los rendimientos por hectárea. Para ello, se debe disponer de datos agronómicos y de mercado de los cultivos correspondientes a las situaciones con y sin proyecto: patrones de cultivo, rendimientos y producción por hectárea, etc.). Esta forma de identificar los beneficios asociados a un proyecto de riego se basa en que la demanda de agua es una demanda derivada.

a) El agricultor como demandante de agua

Suponiendo un mercado de un producto agrícola (X), que en su función de producción utiliza el recurso agua (A) y otros insumos (iii):

$$X = f(A, iii)$$

El productor está dispuesto a demandar el agua hasta el punto donde se encuentra la siguiente relación:

$$PMgA * Px = CMgA + VPMgA$$

Dónde

PMgA, representa el producto marginal del agua en la producción agrícola de X.

Px representa precio del bien agrícola X.

VPMgA, representa el valor del producto marginal del agua en la producción de X.

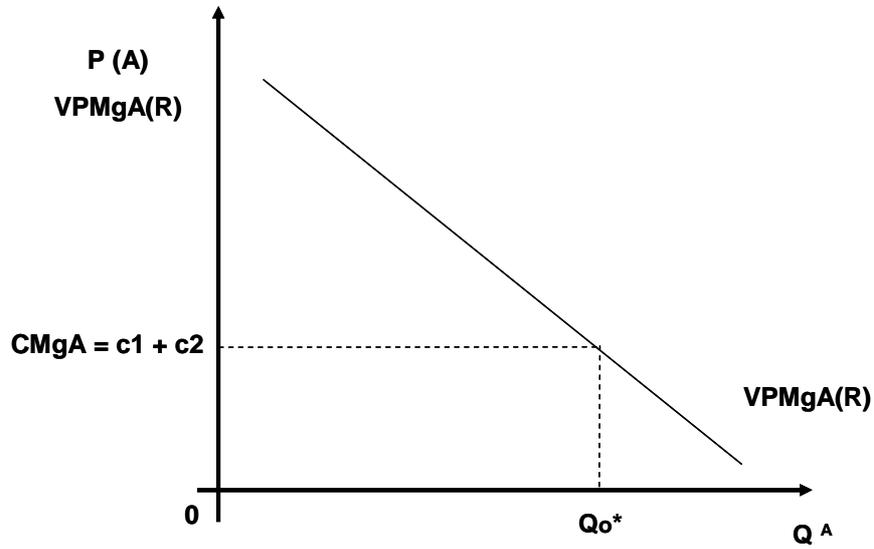
CMgA, representa el costo marginal de producción y aplicación de agua en la agricultura. El CMgA consta de dos partes: i) El costo marginal de la obtención de cada unidad de agua (**c1**) o una porción de costo adicional; ii) El costo marginal de la aplicación (**c2**) o el costo intrapredial.

La magnitud del primer componente **c1** depende de la fuente de financiamiento de la superficie bajo tierra, ya que cada uno tiene diferentes costos, dependiendo de la ubicación geográfica de la zona. El segundo depende del sistema de aplicación utilizado por el usuario en su predio. El resultado de un productor individual está representado en la Figura 21. El productor demanda la cantidad de agua A^*0 por unidad de tiempo bajo el supuesto que: i) Esta cantidad está estrechamente relacionado con el rol que el agua tiene en su proceso de producción, que proporciona la tecnología para aplicarla y las condiciones de mercado que produce el bien (estos elementos definen la posición de la demanda que graficada); ii) La cantidad depende de la demanda final en el costo del financiamiento y la inversión que deben ser efectuados por cada unidad de agua (c1 y c2 respectivamente).

Este esquema de razonamiento se utiliza para determinar la cantidad demandada de cualquier tipo de demanda o entrada, cuando el productor debe pagar un valor unitario de la misma (que se supone constante para simplificar) y no se enfrenta a restricciones que impiden el acceso a la cantidad que decide comprar. Sin embargo, en el caso particular del agua, puede haber características que se apartan de este marco general. En la situación que los usuarios del proyecto puedan recibir el agua del agua en las cantidades y oportunidad necesaria. La cantidad suele depender de los derechos del agua de entrada que posee y el flujo del río, si no está regulado.

El costo de la obtención de la función de la superficie puede tener ninguna relación con el volumen de agua recibida, pero con otros elementos como el tamaño y/o la ubicación de su paquete. Esto significa que cuando el usuario utiliza el agua de superficie, $c1 = 0$.

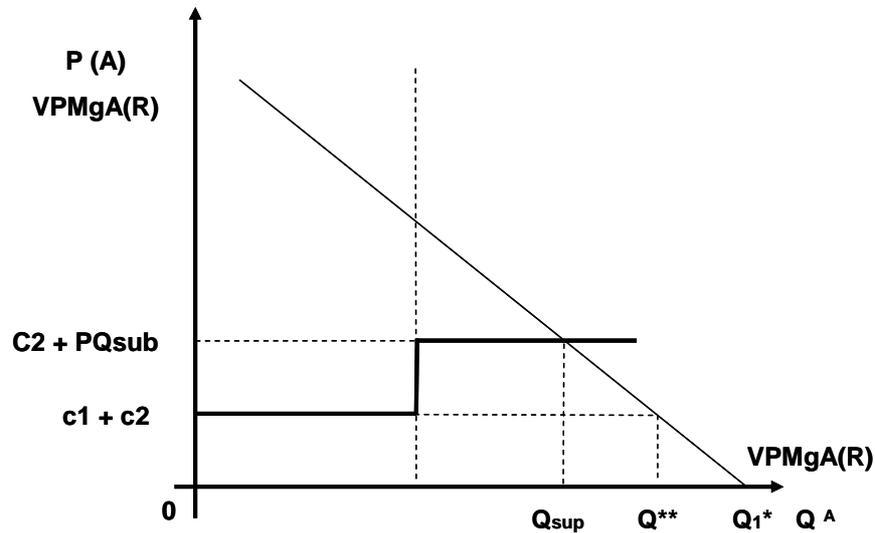
Figura 21. Demanda de agua de equilibrio del productor agrícola



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

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 22 muestra este segundo caso.

Figura 22 . 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).

Donde:

P_{Asub} , representa el costo de una unidad adicional de las aguas subterráneas. Este costo está asociado con el volumen utilizado, ya que se necesita para construir y operar un pozo, además de incurrir en el costo de la electricidad para la extracción. Esto significa que c_1 tiene el valor de esta variable.

Q_{sup} , es el volumen de agua superficial que posee y utiliza (cuyo costo marginal de producción incluso puede ser cero, si el pago no depende del servicio que consume).

El tramo $[Q^{**} - Q_{SUP}]$, representa el uso de las aguas subterráneas, que los productores utilizan para complementar el riego superficial.

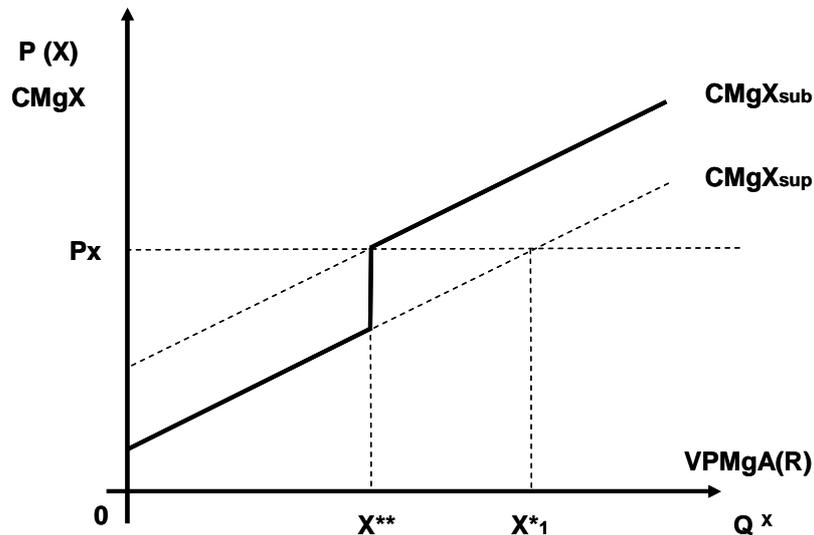
Como no es una restricción (cantidad, calidad y oportunidad) utilizar el agua de superficie, el productor añade su dotación de agua subterránea, lo que resulta más caro por unidad. Por esta razón, en última instancia, utiliza Q^{**} . Las unidades de agua, a menos que se utilice si no había ninguna restricción (Q^*1).

b) El productor como responsable de la oferta en los mercados de bienes finales

La conducta a la que el productor es inducido por la restricción del recurso agua, tiene consecuencias directas para la producción, desde que asumió el comportamiento normal en la función de producción y proceso de producción, menor uso de agua dará lugar a niveles de producción más bajos. Incluyendo la restricción, puede inducirlo a dejar algunas hectáreas de secano.

Suponiendo que los productores son tomadores de precios en el mercado de los productos agrícolas finales, se puede analizar su situación microeconómica como responsables de la oferta de productos, la que se representa en la Figura 23.

Figura 23. Oferta de equilibrio del productor agrícola



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

El productor enfrenta la curva **CMgXsup**, que representa el costo marginal de producir X bien cuando usa agua superficial con una restricción cuantitativa²¹. El productor si opera con una restricción de agua superficial, se ve obligado a pasar a **CMgXsub**, que refleja un mayor costo unitario de agua subterránea. Sobre estas circunstancias produce **X****, cantidad menor de la que habría producido sin la restricción existido (**X*1**)²².

c) Efectos del proyecto sobre los "precios" del agua y de los productos agrícolas

El desarrollo del proyecto que pone a disposición del productor un flujo mejorado a un costo menor causa dos efectos.: i) **Ahorro de costos**. El productor puede dejar de bombear aguas subterráneas, ya sea total o parcialmente; ii) **Reducción de costos**: por reducción del costo del agua (esta reducción se produce en las fases de transporte y distribución de los recursos hídricos y en la aplicación intrapredial), mejoras en el sistema de riego (se reducen los gastos de funcionamiento del sistema debido a los menores de reparación y limpieza de canales) y reducción de costos de producción (ya que el usuario dispone del

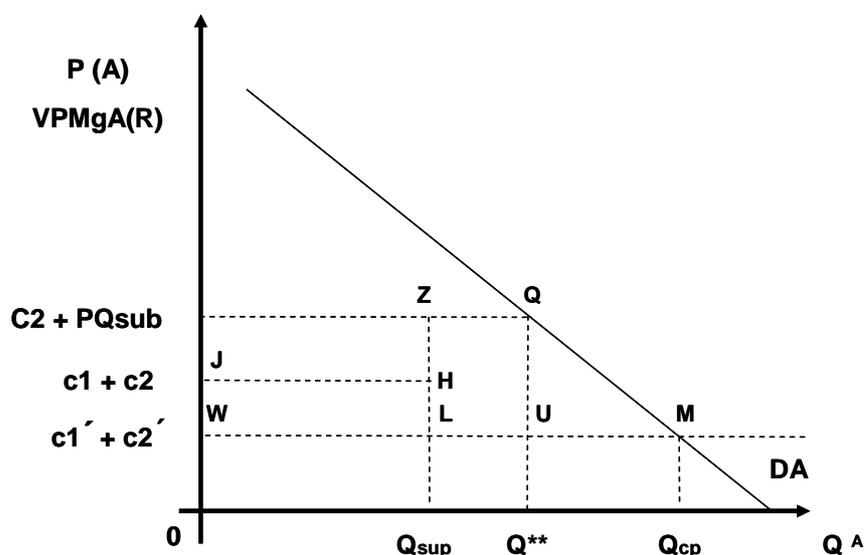
²¹ En este costo, además de c_1 y c_2 deben sumarse los correspondientes a los otros insumos utilizados en la producción.

²² Los niveles de producción X^{*1} y X^{**} son los correspondientes a las cantidades demandas A^{*1} y A^{**} , respectivamente.

agua en el momento que la necesita y puede cambiar su sistema de riego hacia uno más eficiente).

El segundo componente (reducción de c_2) es capturado de inmediato por el usuario, mientras que el primero depende del sistema de tarifas vigente. En la Figura 24 se observan los citados efectos; 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 c_1 y c_2 a c_1' y c_2' respectivamente. La magnitud de la mejora en el flujo, citado en este caso, significa que el productor tiene suficiente agua superficial para satisfacer toda su demanda de esta 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. 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} . Esto puede observarse en el mercado de productos que muestra la Figura 25.

Figura 24. Demanda de agua CP de equilibrio del productor



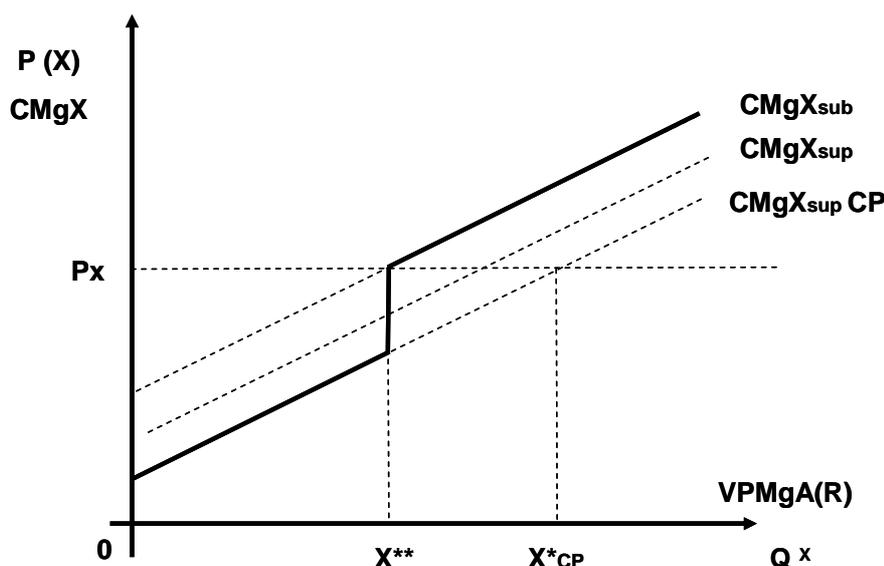
Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

En la nueva situación con proyecto se produce X_{cp} , que es una cantidad superior a la obtenida sin el proyecto. Esta producción se asocia con A_{cp} en la Figura N°15.

Hasta ahora se ha considerado el valor adicional de la producción agrícola. No obstante, esta producción implica una serie de costos adicionales en términos de compra de insumos y otros factores, tales como semillas, mano de obra, fertilizantes, pesticidas, arriendo de maquinaria, salarios, etc. Sin embargo, también es probable que se adquieran y/o construyan otros bienes durables como galpones y maquinaria. Dichos costos son atribuibles al proyecto, a causa de una mayor actividad agrícola.

Dado que es necesario llevar a cabo la proyección de los beneficios y costos del proyecto que son observables con el fin de determinar si se deben mantener en el tiempo (es decir, la repetición de la misma magnitud en todos los períodos) o ajustar con el paso del tiempo, lo adecuado es pensar que estos beneficios no se manifiestan en toda su magnitud desde el comienzo del proyecto, es decir, se producen gradualmente a medida que los usuarios adaptan sus sistemas de aplicación.

Figura 25. Oferta CP de equilibrio del productor



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

ii. Identificación de costos directos 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, las inversiones necesarias por un valor en términos sociales de los costos sociales para el funcionamiento del nuevo sistema para el suministro, distribución y aplicación de los recursos hídricos.

Los costos del proyecto siempre deben ser estimados bajo un criterio conservador. Una de las variables crítica en general, es la duración de la inversión, ya que el retraso en la terminación de las obras afecta directa y negativamente la rentabilidad del proyecto. Los costos imputables a los proyectos de agua son:

a) Costos de inversión

Proyectos relacionados con el propósito de riego tienden a tener altos costos de inversión que están compuestas por la infraestructura del sistema de riego, costos de equipos y la transferencia de tecnología.

Entre la infraestructura están las obras civiles y equipos, que pueden variar dependiendo del proyecto, por ejemplo, tecnologías de construcción, obras de conducción, el costes de distribución, reservorios, canales de revestimientos, equipos de bombeo, los costos de los costes de instalación de drenaje de los dispositivos de regulación de los flujos de agua, expropiaciones, otros.

Dentro de los costes de inversión se debe considerar la compra de equipos que permite la adecuación técnica del sistema de riego dentro de las parcelas. Por ejemplo, si el proyecto tiene la intención de modificar el sistema de riego por gravedad a un sistema de aspersión o goteo, se debe considerar el costo del equipo necesario: bombas, filtros, aerosoles, 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 (costos de infraestructura que permiten conducir el agua del canal o matriz de trabajo a la entrada de la parcela) 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). Para todos estos costos deben considerarse los costos de operación y mantenimiento de las instalaciones.

Los costes relacionados con la transferencia de tecnología se hacen por los gastos de capacitación de los beneficiarios sobre el funcionamiento y mantenimiento de la infraestructura y las maneras de implementar mejoras en sus unidades de producción. Por ejemplo, es posible contemplar la capacitación en técnicas agrícolas y técnicas de riego.

Estos costes se derivan de los cálculos de ingeniería, en lo que se considera un presupuesto en términos de cantidades de insumos y factores necesarios, que luego se evalúan. Se debe elaborar un calendario detallado de cada uno de las inversiones, con una estimación del posible aumento de los costos.

b) Costos de operación y mantenimiento

Estos proyectos están relacionados con los costos anuales de operación y mantenimiento. Los gastos de explotación son los gastos realizados por la distribución de agua de la fuente a la propiedad de los beneficiarios y los gastos para las reparaciones de mantenimiento y de limpieza. Por ejemplo, la operación de las presas, la limpieza de canales, limpieza de estanques, etc., dependen de cada proyecto en particular.

En cuanto a los costos de operación y mantenimiento dentro de las parcelas, es necesario tener en cuenta el cambio en los costos; esto implica hacer la diferencia entre los costes de operación y mantenimiento del sistema de riego (el

diseño del sistema) y las correspondientes al sistema de riego actual (sin el diseño de sistemas).

Estas dos magnitudes son gastos periódicos y en este sentido es necesario llevar a cabo su proyección para el futuro a fin de determinar su durabilidad. Si la adopción del sistema por los usuarios es gradual, esto debería reflejarse en el flujo de costos.

c) Beneficios agrícolas netos del proyecto

Por efecto del mayor consumo de agua, se incorporan dos efectos que se relacionan con los costos de operación del proyecto:

- Liberación de recursos debido a la reducción de los costes de transporte y distribución de aguas superficiales para los usuarios agrícolas que corresponden a la situación SP.
- Liberación de recursos debido a la reducción de los costos de bombeo de aguas subterráneas para el riego de los cultivos. Estos costos también desaparecen debido a que ya no se utiliza agua subterránea para complementar el déficit superficial.

La liberación de recursos es un beneficio atribuible al proyecto y es igual a la suma de la zona sombreada de $OJHQ_{sup}$ y $Q_{sup}ZQA^{**}$ de la Figura N°13.

Esta forma de medir los costos supone que c_1 , c_2 y PA_{sub} reflejan el costo marginal social extrapredial (para llevar y distribuir el agua de superficie), dentro de la aplicación integral de bombeo, respectivamente.

El beneficio para la liberación de los recursos considerados hasta ahora, refleja la desaparición del costo total de la conducción y distribución variable correspondiente a la situación SP, ya que se midió considerando el área bajo la curva de costos marginales. Para ello, se asociará la reducción a los costos fijos involucrados en el proyecto:

- Uso de recursos debido a los mayores costos de transporte y distribución de aguas superficiales para los usuarios agrícolas que corresponden a la situación con el proyecto.
- Uso de los recursos para el aumento de los costos en la aplicación de la parte correspondiente a la situación con el proyecto. El uso de los recursos representa un costo para la sociedad. La superficie sombreada $OWMA_{cp}$ del gráfico refleja este costo.

Si c'_1 y c'_2 no reflejan el tramo del coste marginal adicional social (para conducir y entregar la superficie del agua) y dentro de la trama, debe hacer las correcciones pertinentes.

El costo de uso de los recursos considerados hasta la fecha refleja el aumento en el costo variable total de conducción y distribución que corresponde a la situación con el proyecto. Para esto se debe incorporar el correspondiente incremento de los costos fijos. En esto hay que evitar la sobreestimación, esto es, en el sentido de no incorporar los costos que ya se tienen en cuenta hasta ahora.

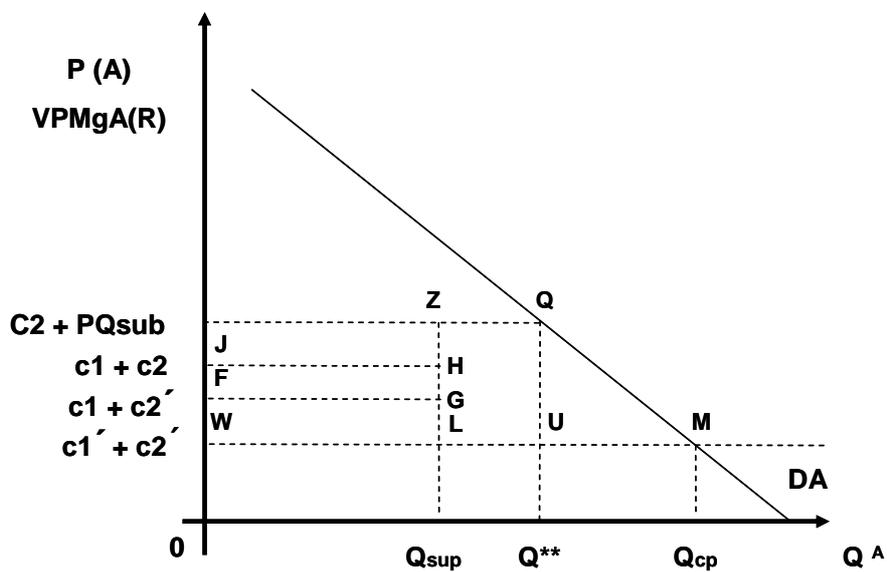
d) Sobreestimación del beneficio neto total

Suponiendo que los costos marginales del tramo adicional (para conducir y entregar la superficie del agua intrapredial) coinciden con los costos sociales, se puede esperar que el beneficio neto total de X observable en el mercado (que incluye sólo el mayor consumo de agua y la liberación o uso de los recursos utilizados en la gestión de distribución-demanda) es positivo e igual a la zona WJHZQM, tal como muestra la Figura N°15.

La Figura 26 muestra como se puede llegar a sobreestimar este beneficio si no optimiza la situación SP. Ello puede ocurrir, por ejemplo, si el costo intrapredial puede ser reducido no sólo en la situación CP sino además en la situación SP. Para simplificar el caso, se ha supuesto que la reducción de este costo es proporcional entre c_2 y c_2' , a pesar de que no necesariamente deben disminuir en la misma magnitud.

En este caso, a los productores les conviene realizar las acciones que permitan reducir estos costos, por tanto, la situación sin actual será optimizada sobre la base de un costo marginal de $c_1 + c_2$. Esto implica que la liberación de fondos atribuibles al proyecto ha sido sobreestimada en FJHG, ya que este beneficio no es causado por el proyecto.

Figura 26. Demanda de agua CP de equilibrio del productor



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

Con las hipótesis que se ha indicado anteriormente, el beneficio neto total de X observable en el mercado sigue siendo la zona WFGZQM positivo y menor que el estimado en la situación sin optimizar (WJHZQM).

e) Consideraciones adicionales

Al formular el proyecto debe cumplirse con el fondo inicial sobre la situación de los beneficiarios y su entorno, la identificación y el análisis del problema que afecta a la solución propuesta y los medios para lograrlo, incluyendo los objetivos, el tiempo de ejecución y una estructura organizativa para gestionar el proyecto. En algunos proyectos se debe considerar como un componente la formación de estas asociaciones y sus beneficiarios en la gestión eficiente del agua y operación y mantenimiento de la infraestructura de riego.

Para que el proyecto tenga éxito es necesaria la participación de los beneficiarios y las asociaciones de ese grupo. Esta participación debe incluir tanto la toma de decisiones en todo el ciclo del proyecto como la ejecución de esas decisiones. Si la meta de la población no está establecida, sería conveniente para conformar una asociación de beneficiarios desde el inicio de la idea. En la práctica se ha demostrado que en los proyectos donde hay participación de los usuarios, aumenta la conciencia crítica de los beneficiarios y su cooperación con los técnicos del proyecto.

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.

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. Es un error común en este tipo de proyectos desacreditar esto porque por lo general se da prioridad a los aspectos de ingeniería.

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.

Asimismo, a efectos del análisis de los efectos redistributivos es necesario identificar a los agentes económicos que se verán afectados por el proyecto ("ganadores y perdedores" del proyecto). Por ejemplo, en un proyecto cuyo objetivo es el riego y el Estado interviene en la ejecución de las obras, se benefician los agricultores y el sector público. En el siguiente esquema, a modo de ejemplo, simplificado se identifican los beneficios y los costos de cada agente:

Tabla 4. Efectos "redistributivos" del proyecto de riego

Grupo	Beneficios	Costos
Productores agrícolas	Aumento de ingresos por venta de productos agrícolas	Aumento de costos intra-prediales
	Costos de operación y mantención de sistemas distribución intra-predial SP	Aumento de gastos por compra insumos y factores productivos
		Aumento en pago de tarifa de agua
Sector Público	Aumento de renta por cobro de tarifa de agua	Inversiones extra-prediales

Fuente: Elaboración propia en base a varios.

La consideración de los beneficios y costos debidamente actualizados para cada grupo determinará el resultado del proyecto para este grupo. Algunos pagos y cobros entre los miembros de la sociedad serán transferencias (por ejemplo cobro y pago de tarifa de agua). Así, cuando se quiere determinar el resultado para la comunidad de los efectos redistributivos deben eliminarse las transferencias. Este análisis es muy importante porque asegura la financiación del proyecto y su sostenibilidad a largo plazo. El agricultor sólo se adhiere al proyecto si su valoración privada es adecuada, es decir, si el valor presente de los beneficios supera el valor presente de los costos incurridos.

4.3.2. Método del Valor Incremental de la Tierra

El **Método del Valor Incremental de la Tierra (MVIT)** tiene su fundamento en la estimación de "precios hedónicos". Este enfoque considera que el precio observado de un bien o servicio heterogéneo es una función de sus características o atributos y sugiere la utilización de técnicas econométricas para estimar la función hedónica que proporciona los precios implícitos de las características o atributos del bien. A partir de la función estimada se construyen los **índices de precios hedónicos**, que recogen la variación en el precio del bien o servicio neta de cambios en su calidad.

La utilización del método de precios hedónicos basa sus fundamentos económicos en los siguientes supuestos i) existen demandantes del bien que obtienen utilidad por consumirlo; ii) existen productores que ofrecen este bien en el mercado y que para producirlo, ocupan algún tipo de tecnología que se resume en una función de producción que relaciona insumos con la producción

final del bien; iv) los verdaderos argumentos de las funciones de utilidad y los verdaderos inputs en las funciones de producción son las características o atributos de los bienes y servicios; v) los agentes se comportan según un conjunto de funciones de oferta y demanda de características o atributos; vi) en el mercado se produce la interacción entre productores y consumidores, que determina el precio de los bienes. Por ejemplo, en el caso de terrenos agrícolas, se aplica a demandas y ofertas de terrenos agrícolas por características de inclinación del terreno, accesibilidad, clima y pluviometría de la zona, entre otras.

En equilibrio, la función de precios hedónicos refleja la distribución de las tasas marginales de sustitución de los consumidores y de transformación de las empresas., de forma de obtener la valoración de cada característica porque, entre otras cosas, las funciones de precios hedónicas dan información sobre la restricción presupuestaria a la que se enfrentan los consumidores en términos de características. Esta restricción será a menudo no-lineal, ya que para muchas formas funcionales de la ecuación hedónica los precios implícitos de las características dependerán del nivel de dichas características.

Así también, en equilibrio competitivo de los mercados de la tierra y los productos agrícolas, el MVIT y el MP debieran llegar a idénticos resultados. En la medida que exista algún grado de distorsión o desequilibrio en alguno de ellos, los resultados no serán idénticos pero sí aproximados. Esta relación tiene su fundamento en que los precios de los activos en mercados competitivos reflejan exactamente su capacidad de generar beneficios netos, por tanto, el precio de un activo es igual al VAN de los flujos futuros de beneficios netos que dicho activo generará. Por ejemplo, el precio de venta de una casa debiera ser equivalente al valor presente de los arriendos futuros netos de costos de mantención. De tal forma, el precio SP de una hectárea de tierra agrícola con determinados atributos es:

$$P_s/p = VANBN SP$$

Si por efecto del proyecto se incrementa el atributo agua para riego, aumenta la capacidad productiva de la tierra y, en consecuencia, su precio de mercado:

$$P_c/p = VANBN CP$$

El beneficio viene dado por el incremento del precio de la hectárea de tierra, que es equivalente al incremento del VAN de los BN futuros por mayor Producción Agrícola de la tierra, que es precisamente los beneficios que determina el método del presupuesto.

La función hedónica de un bien puede presentarse como:

$$PX = f (z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6, \dots, z_n)$$

Donde

PX es el precio del bien X;

Zi es la cantidad del atributo "i" que tiene el bien X.

Así, al incrementar la cantidad de un solo atributo, sin variar la cantidad de los otros atributos el resultado esperado será el incremento del precio del bien X

debido a que posee más atributos que antes; ello es valorado por el consumidor, quien aumenta su máxima disposición a pagar por dicho bien.

De esta forma, con los "precios hedónicos" se puede estimar el precio de los bienes que no tienen un mercado funcionando normalmente y que son atributos de otros bienes que sí tienen mercados funcionando y, por lo tanto, precios de mercado.

En los proyectos de riego, aún cuando el mercado de los derechos de aprovechamiento de aguas no funcione, sí funciona el **mercado de la tierra agrícola** y, por lo tanto, se dispone de precios de hectáreas de terreno agrícola para diferentes combinaciones de atributos.

Entre los atributos del bien "tierra agrícola", se encuentran los siguientes: i) La 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 (economía de escala); v) Condiciones climáticas de la zona; vi) Predio de secano o riego; vii) Derechos de agua adecuadamente inscritos y formando parte del predio; viii) Cantidad de agua para riego disponible; ix) Infraestructura de riego extra predial; x) Infraestructura de riego intrapredial; xi) Construcciones; xii) Inversión en plantaciones de largo plazo como frutales; xiii) Disponibilidad y seguridad de agua para riego; xiv) Empresas de servicios; xv) Empresas exportadoras cercanas; xvi) Agroindustrias.

La diferencia existente entre los diferentes atributos del bien **tierra agrícola** permite explicar el cambio de precio por hectárea de tierra que se produce en distintas zonas del país, en una misma zona y entre predios colindantes, existiendo varios bienes "tierra agrícola", donde a cada uno de los cuales el mercado le asocia un precio diferente.

Aceptando que los proyectos de embalses y obras hidráulicas anexas tienen por objetivo modificar el atributo disponibilidad y/o seguridad de agua para riego, se espera que cambie la estructura de producción y en la situación CP se produzca un incremento en el precio de las hectáreas de tierra beneficiadas por el riego (por "mejoramiento" del **atributo agua para riego agrícola**). De esta forma, el aumento en los valores de mercado de la tierra dividido por el volumen de agua adicional en la situación con proyecto, representa el precio del agua y, por tanto, los beneficios marginales de disponer de más agua.

Una ventaja que se atribuye a este método es la cuantificación y valoración de los beneficios sin participación del evaluador, por cuanto los mismos son proporcionados por los precios de mercado de la tierra agrícola. Sin embargo, su principal limitación es la escasa información disponible sobre los precios de la tierra para el área de influencia del proyecto, con diferentes niveles y seguridad de riego. Asimismo, no existen estudios consistentes en todas las regiones del país con precios de la tierra para diferentes niveles y seguridad de riego. Esta circunstancia restringe su aplicación y sus ventajas respecto del MP²³. A pesar de

²³ El estudio de los precios de la tierra agrícola es costoso y requiere de un tiempo significativo para su realización. Asimismo, cabe indicar que este estudio presenta significativas economías de escala.

ello, se sugiere que el MVIT juegue un rol validador de la razonabilidad de los resultados entregados por el MP.

i. Identificación de beneficios y costos sociales y privados

El beneficio directo del proyecto de riego corresponde al incremento del valor neto de mercado del valle beneficiado por el proyecto de riego, el que en general pasa de una estructura de cultivos SP anuales²⁴ a una de cultivos permanentes en la situación CP²⁵ (Tabla 5).

Tabla 5. Efectos del proyecto de riego

Efecto Proyecto	Beneficios	Impacto
Aumento disponibilidad y/o seguridad de agua para riego	Incremento del Valor de la Tierra o Valor Neto de la Producción Agrícola	Incorporación de nuevas tierras a la producción agrícola
		Incremento de los rendimientos de cultivos
		Cambio de estructura de cultivos

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Este 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.

De esta forma, el precio de mercado de la tierra es un precio privado que 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.

$$PTierra = \frac{VPBN}{[1 + r]}$$

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.

²⁴ Cultivos anuales son aquéllos que se siembran y cosechan dentro del mismo año y, por tanto, se limita el daño esperado de no disponer de agua solamente a ese año.

²⁵ Cultivos permanentes son aquéllos que su cosecha se realiza durante varios años, por lo que el daño esperado de no disponer de agua afecta los beneficios de varios periodos.

Si los agricultores demoran tres años en incorporar el riego a sus actividades productivas, durante ese lapso, la producción en las situaciones sin y con proyecto es igual, por tanto, no existe incremento del excedente agrícola y no hay beneficio social, no obstante que el precio de la tierra igual subió y cada agricultor beneficiario es "más rico" en términos privados, pues su tierra vale más.

Es por ello que el método del Valor Incremental de la Tierra 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 Método del Presupuesto.

En efecto, si no existen trabas de mercado, rápidamente se producirá un desplazamiento de los agricultores tradicionales que no aprovechan el mayor riego o mayor seguridad de riego, ya que los nuevos precios de los terrenos, internalizados de inmediato por el mercado, harán atractivo que esos agricultores tradicionales vendan sus terrenos a agricultores innovadores.

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.

Además de los beneficios directos indicados, podría acontecer que el proyecto generara beneficios indirectos en mercados relacionados y externalidades positivas, los que deben ser incorporados en la evaluación social del proyecto en forma directa, ya que el precio de la tierra por ser un precio privado, sólo captura los beneficios directos para el agricultor beneficiario.

Según se señaló, los costos agrícolas adicionales que el proyecto genera están descontados de los beneficios agrícolas al aplicar el Método del Valor Incremental de la Tierra. Por lo tanto, los costos relevantes son los propios de los sistemas de riego: i) **Costos de Inversión**: varían dependiendo el tipo de proyectos; sin embargo, los más típicos son los correspondientes a obras civiles, equipos y terrenos que el proyecto utilizará debido al embalse, canales de conducción y de riego; en algunos proyectos se incluyen programas de capacitación técnica en agricultura y regadío. Este costo de inversión debe incluir las inversiones de mitigación y compensación que la aprobación ambiental exige; ii) **Costos de Operación y Mantenimiento**: dependiendo del tipo de proyecto hay que costear personal operativo, energía, combustibles y labores de mantención como limpieza de canales, adquisición de repuestos y otros. Igualmente se deben incluir costos operativos asociados a cumplimiento de requerimientos ambientales.

ii. **Flujo de actividades evaluación de proyectos de riego mediante el MVIT**

La aplicación de la metodología MIT supone valorar las hectáreas agrícolas del área de influencia del proyecto tanto en la situación SP como en la CP. Acto seguido, se deben estimar los costos de inversión, operación y mantenimiento del proyecto de riego.

a) Determinación del área potencial que será afectada por el proyecto

Corresponde al área de influencia del proyecto y se obtiene a partir de la clasificación de las tierras de la zona de interés en función de los siguientes parámetros: actual sistema de producción agropecuaria, tipo de suelo y disponibilidad y seguridad de agua para riego.

El objetivo es clasificar los terrenos del área potencial beneficiaria del proyecto en términos de su aptitud agrícola observada, es decir, los tipos de cultivos que se realizan en función de la disponibilidad actual de riego y demás atributos de los terrenos²⁶.

La clasificación de los terrenos del área de influencia en la situación con proyecto, 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, proceso que es independiente del agricultor, pues se basa exclusivamente en el cambio de la aptitud del suelo, pues las particularidades productivas de la zona fueron captadas en la clasificación genérica de los terrenos según su aptitud agrícola efectiva. Ello significa que el efecto del proyecto es elevar a los terrenos de categoría 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 25).
- 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).
- Identificar y cuantificar la estructura de cultivos presente en la zona de interés realizan (frutales, cultivos multianuales, cultivos anuales y praderas naturales).

²⁶ 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.

Tabla 6. 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		

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).

b) 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-anuales. 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.

(1) 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 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.

(2) 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.

(3) Método de Tasación Fiscal

Para fines impositivos, el Servicio de Impuestos Internos 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 (Tabla 7, ejemplo).

Tabla 7 . 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.

c) Definición de Situación SP

Consiste en definir para cada alternativa de tamaño del proyecto su área de influencia específica, es decir, la superficie que será afectada por el proyecto, en términos de la disponibilidad y/o seguridad de riego (Tabla 8).

Tabla 8. 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.

(1) Valoración de la Tierra Agrícola SP

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 (Tabla 9).

Tabla 9. 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.

(2) Definición Situación CP

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 en relación a la clasificación de la situación SP. De esta forma, se genera para cada alternativa de tamaño, una clasificación específica de terrenos y riego, que difiere de la existente en la situación SP (Tabla 10).

Tabla 10. 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.

(3) Valoración de la Tierra Agrícola Con Proyecto (para cada Alternativa de Tamaño)

Mediante procedimiento anterior se obtiene el valor de los terrenos en la situación CP (Tabla 11).

Tabla 11. 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.

(4) Cuantificación y Valoración Beneficios del Proyecto

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:

$$BN = [CP - SP] = [VTA]$$

Donde:

BN son los beneficios netos agrícolas que genera proyecto

[CP - SP] es la diferencia entre los valores de precios de los terrenos de la situación sin y con proyecto de la zona de influencia del proyecto; y,

[VTA] es el incremento de beneficios o precios de terrenos de la zona de influencia como consecuencia del proyecto.

(5) Cuantificación y Valoración Costos 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 ingeniería²⁷, 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).

(6) Estimación de Rentabilidad del Proyecto

El indicador de rentabilidad social que se debe utilizar es el VAN, con la particularidad que en esta metodología, que el Valor Incremental del Valle constituye un valor actual, pero que debido a la tasa de incorporación tiene valores ubicados en diferentes momentos del tiempo que hay que actualizar, y al cual hay que deducir el Valor Actual de los Costos Sociales del sistema de riego del proyecto, en ausencia de efectos indirectos netos.

Por lo tanto:

$$\mathbf{VAN = VA (VIV) - VAC}$$

Donde:

VIV es el Valor Incremental del Valle

VAC es el Valor Actual de los Costos

Lo anterior se puede expresar de una forma alternativa y más directa; el proyecto conviene ser realizado si:

$$\mathbf{VA (VIV) > VAC}$$

En presencia de Efectos Indirectos Netos (EIN), éstos deben ser agregados al VAN:

$$\mathbf{VAN = VA (VIV) - VAC + EIN}$$

²⁷ 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.

4.3.3. Método del Mercado de Transacciones de Derechos de Aprovechamiento de Aguas

La teoría económica indica que son las fuerzas del mercado las que determinan los precios y que en condiciones ideales, estos serán los óptimos para la sociedad (maximización del bienestar).

El mercado puede ser un espacio físico (mercados, ruedas de valores, bolsas de productos, etc.) o puede ser una idea generalmente aceptada para algunos productos (electricidad, tierras, etc.). 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 Chile).

Los precios en el mercado quedan determinados por las fuerzas de oferta y demanda. Cuando la cantidad ofertada coincide con la cantidad demandada, el precio queda determinado, cuando no es así, existen fuerzas que presionan a los precios a situarse en su nivel de equilibrio de largo plazo, mientras los demás factores queden constantes.

De esta forma, los usuarios decidirán utilizar el agua cuando el costo alternativo inmediato sea mayor, de la misma manera que la sociedad debe asignar el recurso de acuerdo al sector que reporte el mayor beneficio (menor costo) alternativo.

El cumplimiento del principio de eficiencia económica exige la determinación de precios sobre la base del cálculo del costo de oportunidad de los bienes o servicios involucrados. En mercados competitivos, dicho costo de oportunidad es igual al precio de equilibrio de corto plazo de estos bienes o servicios, el cual es producto de la relación de demandantes y oferentes.

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. En el *Capítulo de Metodología General* se presentan parte de los conceptos indicados en lo que sigue, por lo cual se sugiere revisar tales antecedentes.

i. Equilibrio de corto plazo

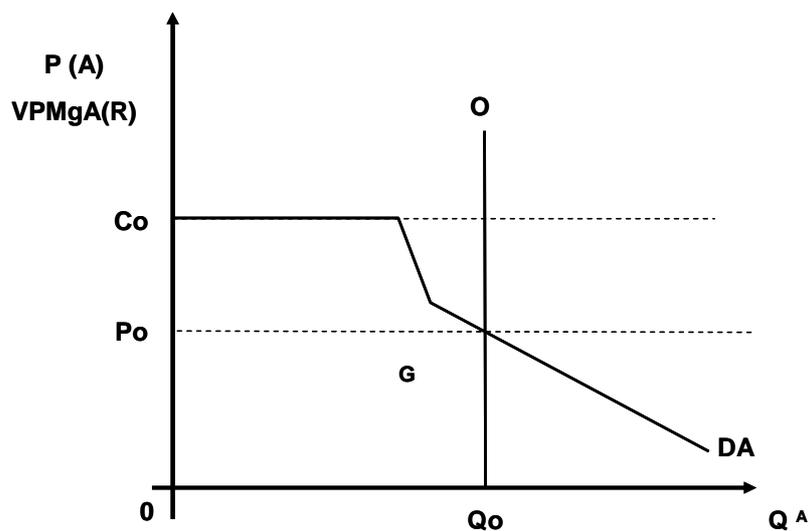
En el equilibrio de corto plazo para la estimación de precios de derechos de aprovechamiento de los recursos de agua cruda, en general se observan determinadas características comunes: i) la cantidad de derechos existentes es fija y no puede modificarse; ii) en la mayoría de los cauces superficiales, el caudal que escurre en los diversos sectores en que éstos pueden dividirse es de carácter aleatorio.; no obstante, en el corto plazo dicho caudal se asume conocido en base a los pronósticos (es decir, se conoce la probabilidad de excedencia que caracteriza y permite cuantificar el caudal promedio correspondiente); iii) se conoce la disponibilidad de agua por cada derecho de forma tal que los usuarios ya han ajustado sus expectativas individuales de disponibilidad del recurso y por tanto han definido la utilización más rentable del

recurso; iv); los costos de transacción no pueden ser alterados.; v) existe la posibilidad de disponer de agua subterránea a partir de la explotación de pozos existentes o la construcción de nuevas instalaciones destinadas a su captación.

Dada la condición de activo del derecho de concesión, 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) (Figura 27).

Para modelar la demanda por agua superficial debe tenerse en cuenta que se asume que siempre existe la posibilidad de utilizar agua subterránea como sustituto, por tanto existe un precio máximo C_0 , igual al costo unitario de elevación de los pozos y otras fuentes, a partir del cual no resulta conveniente la utilización del recurso superficial.

Figura 27. Equilibrio de CP en el mercado del agua



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

La curva de demanda D corresponde a la suma horizontal de los requerimientos de agua superficial asociados a los distintos usos productivos (por ello tiene cambios de pendiente). Como en el corto plazo la demanda individual dependen del VPMg, el equilibrio se produce en P_0 . En éste, el precio de mercado del agua es igual al valor presente de los flujos futuros que pueden obtenerse por su utilización, descontados a las tasas de descuento relevantes para el inversionista.

$$V_{\text{der}}^{\text{CP}} = \frac{\sum_{t=1}^T P_t^E \cdot m_t^3}{r}$$

Donde:

V_{der}^{CP} es el valor del derecho de aprovechamiento en el corto plazo;

P^E es el precio del insumo agua cruda en la temporada t del año;

m^3 es el volumen de agua cruda disponible en la temporada t ,

r = Tasa de descuento pertinente; r dependerá de cada usuario, del tipo de derecho (consuntivo, no consuntivo) y de la característica propia de cada inversión. Este cálculo presupone que el precio del recurso es conocido;

T es el total de períodos;

Por otra parte, la oferta resultará del estudio hidrológico e hidráulico de los recursos, acorde con la capacidad de los afluentes y acuíferos y de cualquier otro punto de captación de agua (dulce) cruda.

ii. Equilibrio de largo plazo

A diferencia del corto plazo, en el largo plazo la dotación por usuario está definida por los lt/s que le han sido asignados; debido a la aleatoriedad de los caudales, el caudal pertinente para el usuario es el caudal que escurre en la temporada más crítica del año y de alguna forma, los precios son más estables. Además a la autoridad administradora del recurso se le facilita la fijación de tarifas a los usuarios.

En Chile, en algunos valles se observa la existencia de mercados donde los precios del agua pueden ser observados directamente. Los mercados de renta de agua, oficial e informal son menos comunes. Los mercados de rentas, permiten el intercambio de los derechos por un período corto de tiempo (por ejemplo los ciclos de riego en la agricultura). Los precios observados en los mercados de renta son sin embargo precios de corto plazo y deben ser manejados con precaución en la planificación ya que estos precios pueden estar determinados por otros factores adicionales al valor marginal del agua.

La observación de los **precios en mercados para derechos de agua perpetuos** es más apropiada para estimar valores. No obstante, en largo plazo se observa el precio del bien de capital, que debe ser convertido a su valor anual por las fórmulas de capitalización. Esto requiere definir el retorno y utilizar una tasa de descuento. Asimismo, debe controlarse, en el uso de precios observados, que los mercados pueden estar distorsionados.

Los compradores usualmente toman toda la cantidad que desean al precio establecido, por lo cual la disposición a pagar y demanda pueden ser derivadas si existe suficiente número de observaciones o transacciones disponibles y las transacciones muestran en los precios. La forma funcional en este caso puede representarse como:

$$Q_w = Q_w (P_w, P_a, P; Y, Z)$$

Donde:

Q_w representa el nivel individual de consumo de agua en un período específico;

P_w se refiere al precio del agua;

P_a denota el precio de una fuente alternativa de agua;

P es el índice promedio de precios que representa a todos los otros bienes y servicios;

Y es el ingreso del consumidor, y;

Z es un vector que representa todos los otros factores, como el clima y las preferencias.

Usualmente se usan datos promedio, y la mayoría de los estudios se dedican a datos de corte transversal ya que utilizar series de tiempo requiere costos adicionales prohibitivos.

4.4. Metodologías de Formulación y Evaluación de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas para 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.

Entre ellos:

- Ampliación y mejora de la capacidad existente de generación de energía: los proyectos de repotenciación.
- Pequeñas centrales hidroeléctricas.
- Grandes centrales hidroeléctricas.

I. Formulación de proyectos de hidro-generación

Los siguientes son aspectos únicos de los proyectos de hidro-generación y que no fueron considerados en la metodología general. Dado que estas cuestiones son muy complejas y más allá del alcance de esta metodología sólo se mostrará de forma resumida.

i. Estudios básicos

Los estudios de la topografía, la geología y geotécnica del terreno para determinar si la tierra es adecuada para la ejecución del proyecto, ya que la mayoría de las obras requiere un suelo consolidado. También hay que considerar todo lo que se refiere a filtración.

Estudio de la hidrología: la base para el diseño y la producción de la planta para tener en cuenta. Uno debe tomar en cuenta los registros de caudal diario, que el diagrama de las curvas de variación estacional y la matriz de flujo mensual promedio es la base para la simulación de la operación de la planta. Con los resultados de este estudio pueden predecir el comportamiento de uso durante todo el año, la identificación de los períodos húmedos y secos que se presentaría a la planta hidroeléctrica.

ii. Estimación de la demanda de energía

Los principales usos de la energía se pueden clasificar en: i) *Consumo intermedio de energía para generación, transmisión, distribución y almacenamiento*); ii) *Consumo final de energía para usos residenciales, comerciales, transporte público, agricultura, industria, etc.*; iii) *pérdidas de energía en transmisión, distribución y almacenamiento y transformación (centros de procesamiento y que no se puede asignar a una fuente de energía en particular).*

Asimismo, es necesario definir dos tipos de demandas: i) *demanda de energía* y ii) *demanda de potencia*; ello porque el tamaño de la planta será determinado por ambas variables.

La potencia se refiere a la capacidad de desarrollar trabajo mecánico determinado. Por lo tanto, la demanda de energía es la potencia instantánea que requieren varios dispositivos al mismo tiempo vinculado con el sistema. Se expresa en watts (vatios), kilovatios (kW) o megavatios (MW).

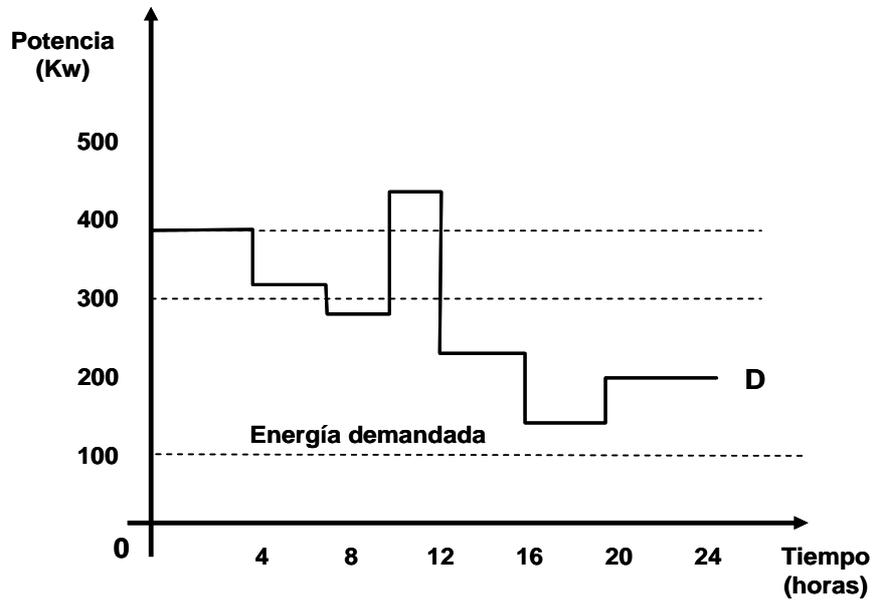
Para establecer el tamaño de la turbina-generador es importante determinar la demanda de potencia máxima, es decir, la mayor demanda de energía prevista. La demanda de energía se refiere a la demanda en relación con el tiempo en que los aparatos eléctricos están conectados al sistema; Se expresa en vatios-hora, kilovatios-hora (kwh) o megavatios-hora (MWh), (Figura 28). Los sectores con mayor demanda o consumo corresponden a:

- **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.
- **Número de horas y distribución** oportuna de los mismos para ser conectado al sistema.

Para la estimación de la demanda, puede apelarse a diferentes métodos; entre ellos:

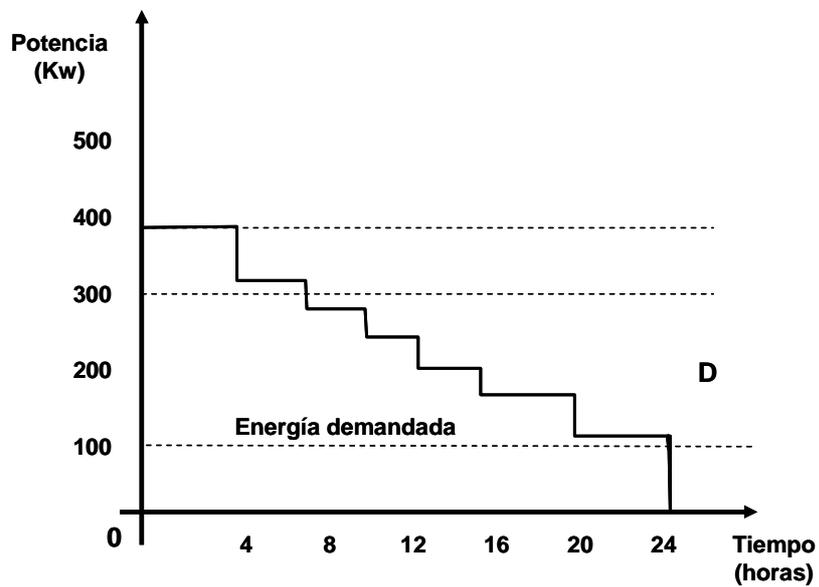
- **Switch;** supone que la demanda de la zona de influencia se comporta de manera similar a otros campos de características similares.
- **Econométrica:** se utiliza para estimar el consumo de energía en el futuro.

Figura 28. Potencia demandada por día (por horario)



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Figura 29. Potencia demandada por día (por consumo)



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

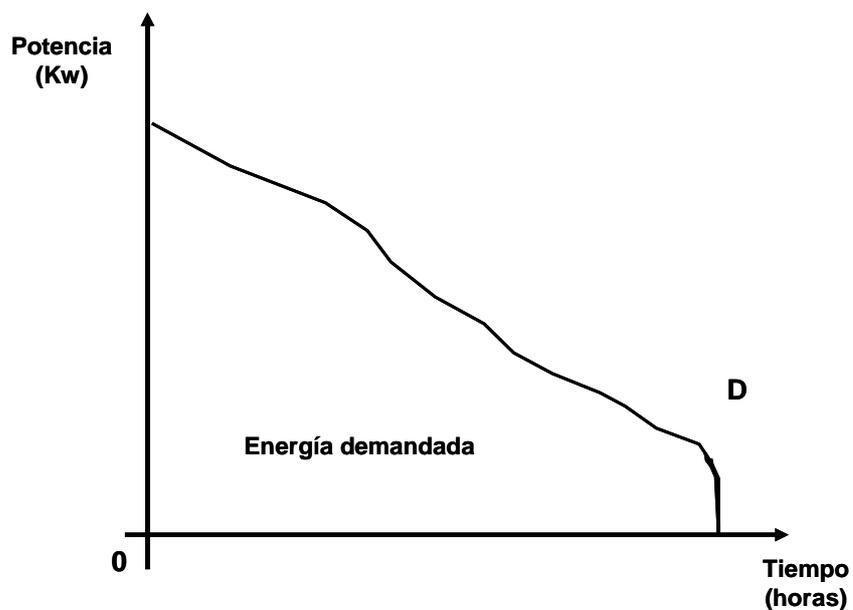
La curva resultante (contorno de la figura) se denomina **cargos por demanda**. El área bajo la curva es la demanda de energía durante el día. También se puede

calcular para otro horizonte de tiempo (la demanda de carga 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.

También es posible deducir la llamada **curva de las cargas en orden descendente**, correspondiente a la suma de horizontal de las cargas requeridas a diferentes horas del día. La Figura 29 muestra la curva diaria decreciente. El área bajo la curva representa la demanda diaria.

La Figura 30 presenta la demanda continua de cargas en las distintas horas del período para una estructura tarifaria determinada.

Figura 30. Curva de demandada (carga diaria)



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

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 y E en kilovatios/hora kilovatio por hora.

También puede determinarse el factor de carga (F), se define como:

$$F = \frac{P_m}{P_{ins}} = \frac{E}{P_{ins} \cdot 24}$$

Dónde:

Pins es la potencia instalada.

Este factor muestra la relación entre la energía demandada y la energía potencial disponible (número de horas en el período considerado por la capacidad instalada). Cuanto mayor sea el factor de carga mejor será la distribución de consumo de energía en el período considerado. Para la determinación del tamaño óptimo del proyecto se requiere un estudio de demanda que refleje lo más fielmente posible el uso de la energía.

iii. Estimación de la oferta de energía

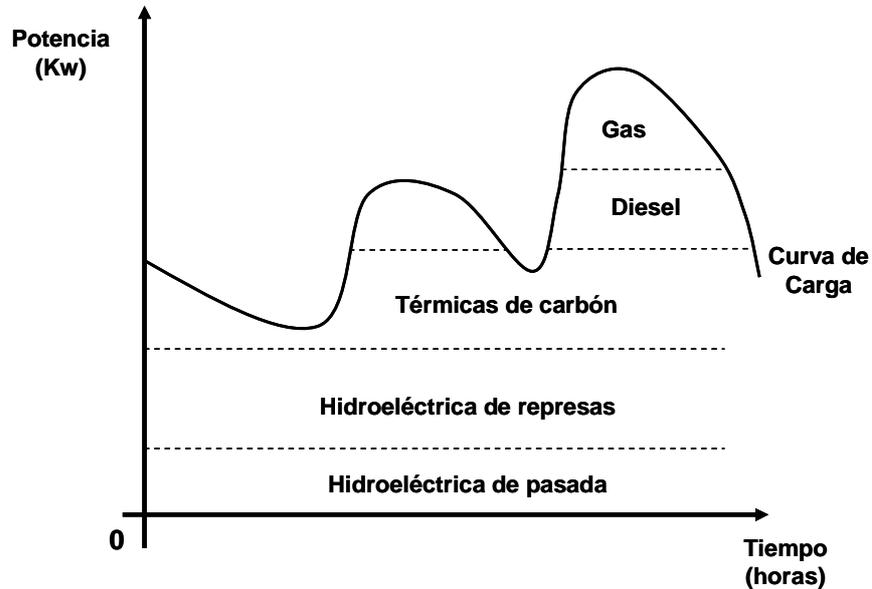
La determinación del suministro de energía implica identificar las condiciones actuales que genera el servicio que el proyecto va a cambiar. Debe incluir una descripción de la infraestructura de producción disponible (capacidad de producción y operación) y la determinación de la condición de las instalaciones y su capacidad de operación. Para ellos debe realizarse un análisis de la oferta de energía CP y SP, considerando los siguientes aspectos.

El análisis de la oferta debe incluir lo siguiente:

- **Fuentes de energía utilizadas actualmente** en la zona de captación y el volumen generado por cada fuente. A estos efectos, tomar en cuenta las diferentes alternativas de provisión de energía: i) producción de energía primaria a partir de petróleo crudo, gas natural, carbón, madera, energía nuclear, etc; ii) producción de energía primaria de fuentes renovables: eólica, hidroeléctrica, geotérmica, solar, mareomotriz; iii) producción de energía secundaria derivada de hidrocarburos carbón y biomasa; iv) 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 en los cuales, etc.
- **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 31 muestra un orden hipotético de entrada al mercado spot.

Figura 31. Uso de la capacidad instalada para satisfacer la demanda

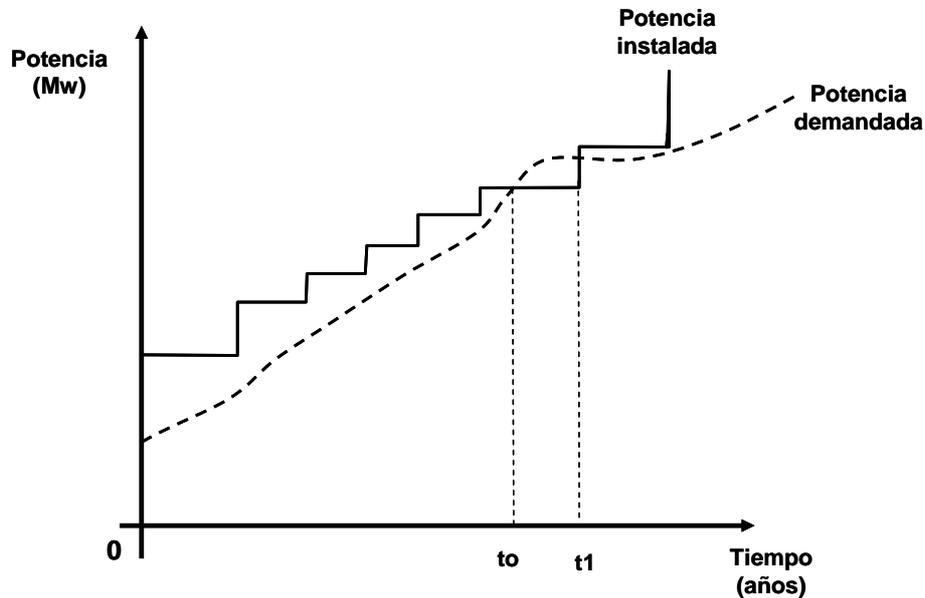


Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

iv. Equilibrio de oferta y demanda de energía

Al comparar la oferta con la demanda de energía se obtiene el déficit de energía, en el cual debe considerarse que la demanda de energía crece con el tiempo. La Figura 32 muestra un saldo positivo en la mayoría de los años, excepto para el período **10 - 11**. Este déficit debe satisfacerse con el proyecto.

Figura 32. Capacidad instalada y potencia demandada



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

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).

v. Alternativas de solución

Dependiendo de los estudios es importante desarrollar diversas alternativas a fin de seleccionar la de mayor rentabilidad. 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:

- **Centro de alto rendimiento:** más de 10 MW.
- **Minicentral hidráulica:** entre 1 MW y 10 MW.
- **Micro-hidráulica:** menos de 1 MW.

Para cada una de las soluciones alternativas identificadas debe ser tomada en 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.
 - Otoño se instala (en metros).
 - La caída del crudo (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 fuga en la presa.
 - Las rutas entre lagos, es un elemento del proyecto de integración que permite la 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 la entrega.
- Instalaciones auxiliares, campamentos, talleres y plantas, residuos vertederos de hormigón (residuos) de la construcción y montaje, etc.

En Anexos se presenta especificaciones adicionales para el diseño de las soluciones.

La energía y la potencia corresponden a:

$$P_t = \alpha \cdot q \cdot a; E_t = P_t \cdot t \cdot f_p$$

Donde:

T es tiempo;

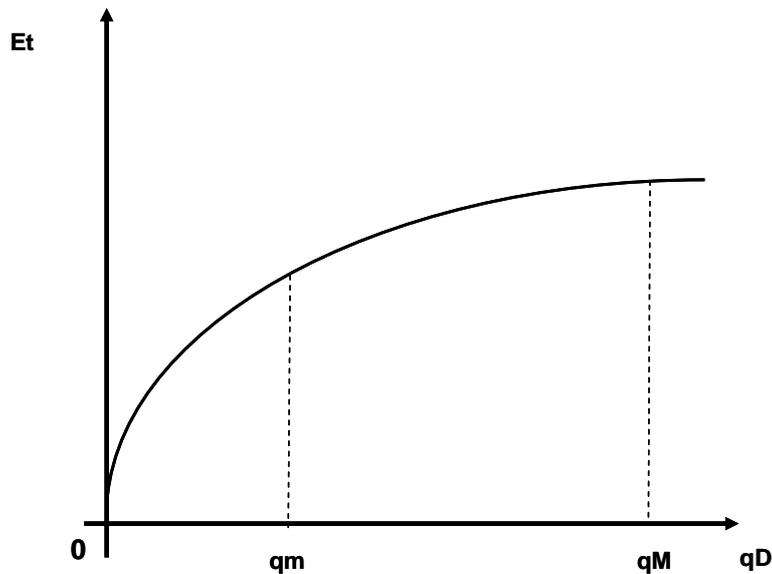
Fp es factor de planta que simula las características del río

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 q_D 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 33).

Figura 33. Relación entre la energía potencial y el caudal de diseño



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

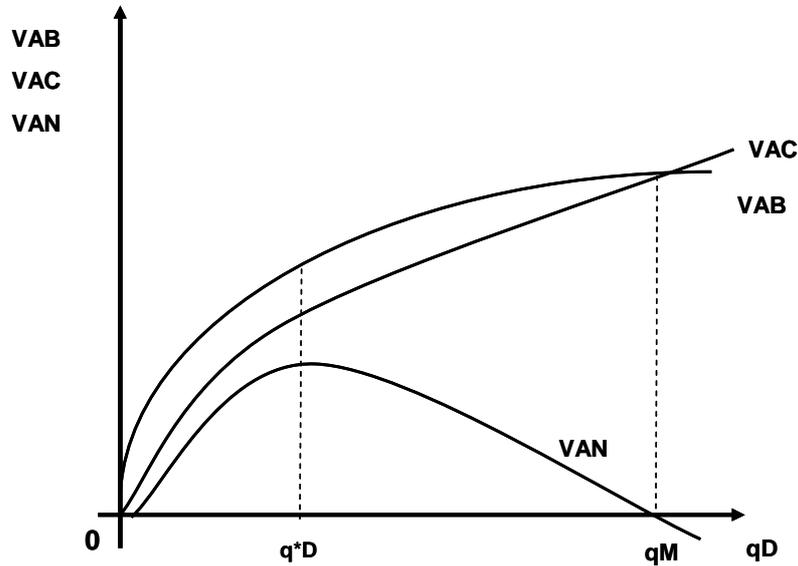
A medida que Q_d crece de 0 a q_m , el incremento en E_t es proporcional. De q_m a q_M , la energía potencialmente generada aumenta menos que proporcionalmente. A partir de q_M , por más que se incremente q_D , la energía potencialmente generada no presenta ningún cambio.

Es importante señalar que es posible determinar el tamaño óptimo para q_D . Por un lado, un aumento de esta variable lleva al aumento de E_t , siempre y cuando q_D no sobrepase q_M , es decir, hasta donde se generan beneficios. Por otra parte, este aumento implica un incremento en los costos de inversión y mantenimiento.

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 34).

Figura 34. Valores actuales de beneficios (VAB) y costos (VAC)



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

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.

a) Beneficios y costos asociados con el propósito de producción de energía

Por lo general, una central hidroeléctrica que pertenece a un sistema de producción de energía eléctrica comprende una serie de centrales hidroeléctricas (sistema hidroeléctrico) o un sistema de energía hidroeléctrica y térmica (sistema hidrotermal).

(1) Identificación de beneficios

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.

(2) Identificación de costos

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.

(3) Efectos complementarios

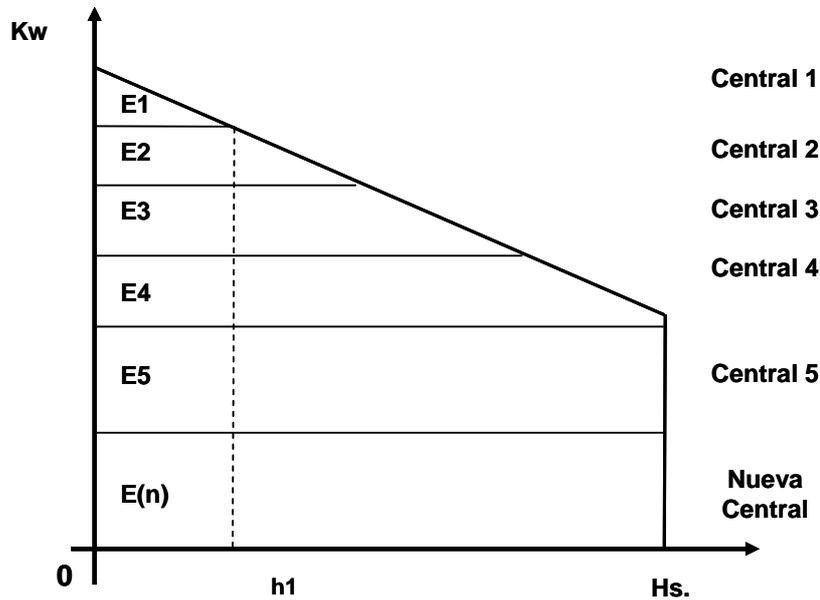
Esto ocurre cuando el agua utilizada para la producción de energía se vierte hacia el río y se puede utilizar para el riego. En estos casos, como se menciona en el desarrollo de la metodología general se necesita evaluar cada objetivo individual y colectivamente.

(4) Beneficios directos

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 35 presenta la situación CP, considerando que la operación de cuatro plantas de energía más eficientes y nueva estación de energía hidroeléctrica.

Figura 35. Funcionamiento del sistema integrado CP



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

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:

$$\text{Beneficio} = E_5 \cdot (C_5 - C_N) + E_4 \cdot (C_4 - C_5) + E_3 \cdot (C_3 - C_4) + E_2 \cdot (C_2 - C_3) + E_1 \cdot (C_1 - C_2)$$

Donde:

C5 a C1 son los costos medios de explotación de las centrales 5 a 1 respectivamente y **CN** 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. En algunos casos puede observarse adicionalmente un beneficio debido a un incremento en el bienestar de los consumidores, derivado de los siguientes efectos:

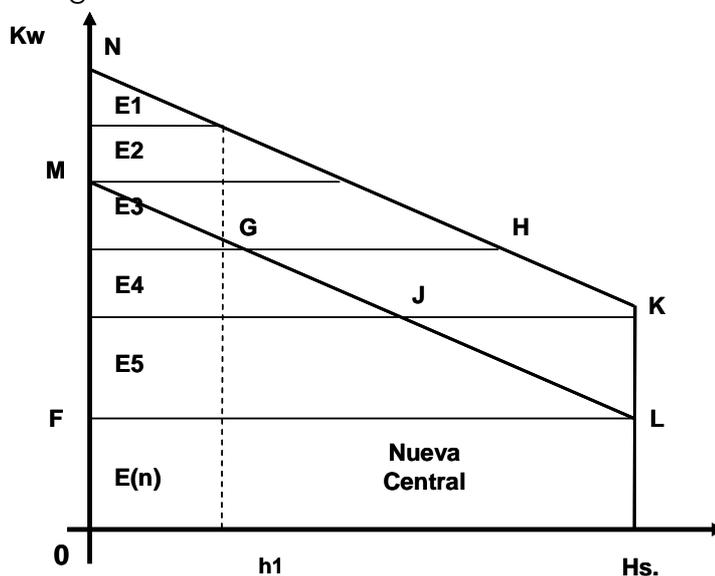
- Disminución de cortes no programados
- Disminución de racionamientos programados
- Incorporación de nuevos usuarios

En otras ocasiones puede ocurrir que el país en la situación SP se recurra a una importación de energía. Así, si una nueva central puede lograr menor dependencia respecto de la energía importada, el beneficio atribuido al proyecto será el valor social de las divisas que son liberadas por suspender o disminuir la importación.

En la Figura N°33 el área MNKL representa la energía que sería producida por la nueva central (Kwh), cuya magnitud es equivalente al desplazamiento de las centrales existentes. El área JKL representa una disminución de la energía producida por la Central 5 y JGHK una reducción de la producción de la Central 4.

Una forma alternativa de medir los beneficios del proyecto, corresponde a la valorización de las ventas de energía ($P \cdot Q$), método que sólo deberá aplicarse cuando el mercado eléctrico es competitivo (área EoGKE1 en la Figura 36). Asimismo, esta alternativa supone que el proyecto no altera el precio de equilibrio de la industria.

Figura 36. Sustitución de centrales en CP



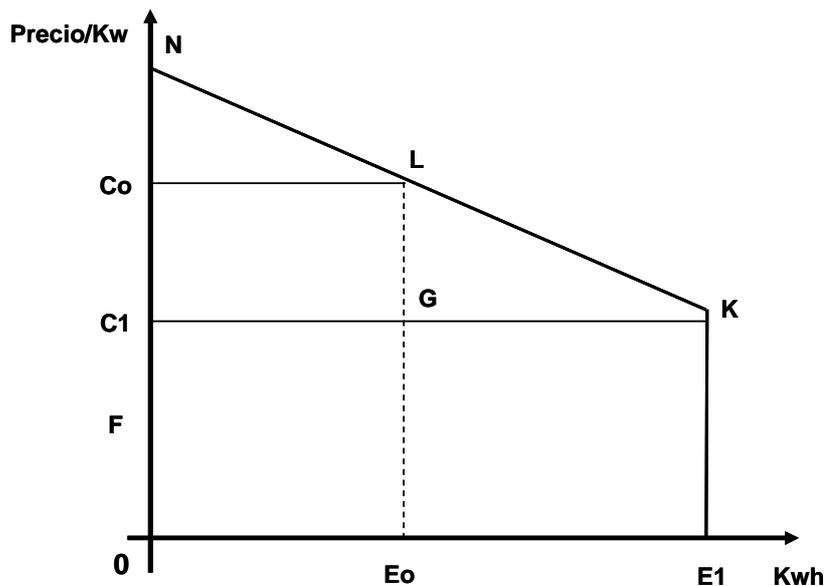
Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

b) Beneficios y costos asociados con el propósito de instalación de un nuevo servicio

Para identificar los beneficios cuando el objetivo es instalar el servicio en una zona donde no existe energía eléctrica habrá que considerar el reemplazo de otras fuentes energéticas. Así, los beneficios asociados son:

- Beneficios por liberación de recursos: la comunidad beneficiada reducirá o eliminará el uso de velas, pilas, generadores, etc.
- Beneficios por mayor consumo: el uso de otros medios de producción de energía representa un alto costo por unidad producida. Con el tiempo los costos disminuyen, lo que produce un aumento en el consumo de electricidad. Este aumento en el consumo implica un mayor beneficio para el bienestar de los consumidores, que se mide por el área bajo la curva de demanda de energía.

Figura 37. Beneficios del mercado de la energía



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

c) Los costos directos

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, devolución de obras de agua, patios y líneas de alta tensión y obras auxiliares, tales como carreteras, poblaciones, talleres.
- **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.

d) Otras consideraciones

La

Tabla 12 presenta los flujos financieros para proveedor y usuarios del proyecto.

Tabla 12. Beneficios y Costos por ampliación de la capacidad instalada o sustitución de la tecnología existente por usuario

Agentes	Beneficios	Costos
Usuarios	Mayor disponibilidad de energía eléctrica	Costo adicional por concepto de pago de servicio (tarifa eléctrica)
Proveedor	Liberación de recursos al generar energía por métodos más eficientes	Costo de inversiones
	Incrementos de fondos por cobro de tarifa eléctrica	Incremento en los costos de operación y mantención asociados a la prestación del servicio

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Tabla 13. Beneficios y Costos por instalación de un nuevo sistema de energía por usuario

Agentes	Beneficios	Costos
Usuarios	Beneficios por liberación de recursos cambiar sistema de energía por uno más eficiente	Costo adicional por concepto de pago de servicio (tarifa eléctrica)
	Beneficios por disponibilidad de mayor cantidad de energía eléctrica	
Proveedor	Beneficios por cobro de tarifa eléctrica	Inversiones Incremento en los costos de operación y mantención asociados a la prestación del servicio

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

4.5. Metodología de Formulación y Evaluación de Obras de Agua Potable

Un embalse y las obras anexas correspondientes permiten disponer de un mayor volumen de agua cruda, que también puede ser utilizado como insumo para la producción de agua potable. Básicamente, las organizaciones o empresas que proveen abastecimiento urbano y rural de agua potable (en adelante "sanitarias") son unidades económicas que desarrollan 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. Se genera una corriente de agua salobre que define un producto semi terminado. Dicho producto requiere un tratamiento posterior en la Estación de Tratamiento de Aguas Potables para su adecuada distribución a la población; asimismo, se puede generar una corriente de agua de abasto, obteniéndose así un producto terminado, que se llevará por las conducciones generales hasta los depósitos reguladores, donde es almacenado hasta su distribución.
- **Potabilización:** el agua salobre procedente tanto del proceso de captación como de empresas externas 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. Dada sus condiciones sanitarias, este tipo de agua puede calificarse como agua de suministro, y es llevada mediante conducciones hasta los depósitos reguladores para su posterior distribución a la población.
- **Desalación:** Proceso en el que a partir del agua salobre procedente del mar se lleva a cabo la separación del agua y las sales. Dependiendo de la forma de desalación que se adopte se pueden generar otros productos distintos del principal, agua desalada.
- **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. Fruto de tal proceso se suele obtener al menos un producto principal (agua depurada) y residuos (lodos o fangos tratados).
- **Realización de análisis químicos:** Actividades dirigidas a la obtención de unos output complementarios a las distintas manifestaciones del recurso hídrico, que se concretan en determinados servicios que se prestan a los clientes que lo solicitan.

- **Actividades de mantenimiento y conservación:** relativas al mantenimiento preventivo como a la reparación de desperfectos. Por su parte, la función de distribución comienza una vez obtenida el agua de abasto, para distribuirla a los consumidores desde los depósitos en los que se encuentra almacenada. Esta función constituye una actividad productiva básica de este tipo de empresas, hasta el punto de que puede darse el caso de que concreten su actividad sólo en la adquisición y distribución del recurso hídrico a la población.
- **Costos de Operación:** relativos a los costos de administración y energía para el normal funcionamiento del sistema.

Básicamente, dado que un proyecto de esta naturaleza provoca un aumento de la oferta de agua cruda en un área, suponiendo una curva de demanda no inelástica, es de esperarse un aumento en el consumo de agua potable, cuya medición corresponde a beneficios atribuibles al proyecto.

Si se trata de un aumento del consumo de agua potable en el área urbana, los beneficios corresponden al mayor consumo por menor precio del agua potable. En el caso de los proyectos de agua potable rural, los beneficios corresponden al mayor consumo de agua potable por efecto de los ahorros de tiempo, ahorros de costos de acarreo de fuentes naturales y ahorros de costos de bombeo (principalmente), además de la mejora en los niveles de morbilidad de las personas que ahora consumo agua potable en la situación CP.

I. Demanda por agua potable

Los beneficios privados corresponden al cobro de las tarifas de agua por el suministro a los consumidores. Los beneficios sociales son aquellos que la comunidad y los consumidores perciben por el valor que asignan al agua consumida. Ello se refleja en su disposición a pagar, por cada unidad marginal de agua consumida. La medición de los beneficios sociales se estima como el área bajo la curva de demanda, entre la cantidad consumida SP (Q_0) y el consumo CP (Q_t).

Es posible suponer, que la curva de demanda por agua potable es de tipo hiperbólica y su ecuación es de la siguiente forma:

$$LCD = A \cdot P^e$$

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:

$$Q = 0,365 \cdot P_{ob} \cdot LCD$$

$$Q = 0,365 \cdot P_{ob} \cdot A \cdot P^e$$

$$Q = B \cdot P^e$$

Donde:

Q es la cantidad demandada (m³/año);

Pob es la población abastecida (habs.);

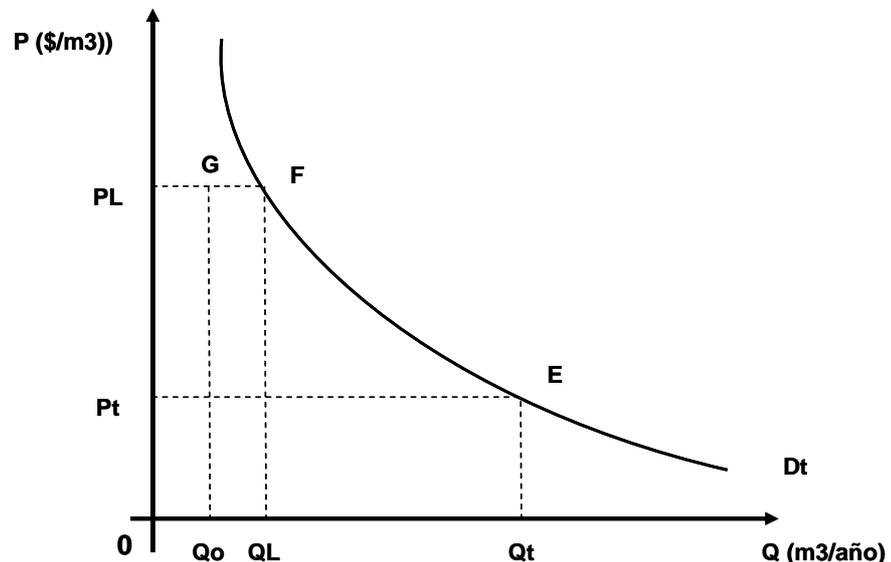
Entonces:

$$B = 0,365 \cdot \text{Pob} \cdot A$$

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 una liberación de recursos que es un beneficio del proyecto.

Si existen sistemas alternativos como norias o vertientes, en que las personas van directamente con vasijas o recipientes a la fuente en búsqueda de agua; dichas fuentes no son consideradas competitivas con el agua y el servicio que aporta el proyecto. Por esta circunstancia, el ahorro de recursos no es importante y el valor de Q₀ es nulo. Por consiguiente, el beneficio será el área total OPLGFEQt, que equivale a la valoración total por el servicio de agua del proyecto, según la curva de demanda de los consumidores y que se indica en la Figura 38. En esta, para Q₀ < Q_L el beneficio está representado por el área GFEQtQ₀.

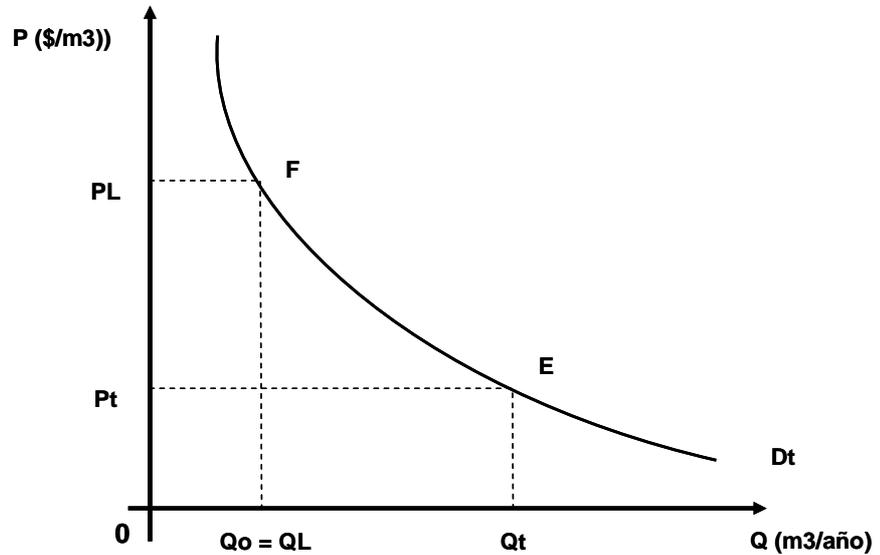
Figura 38. Beneficio por aumento del consumo de agua potable



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Para Q₀ = Q_L: el beneficio está representado por el área FEQtQ₀ en Figura 39.

Figura 39. Beneficio por aumento del consumo de agua potable



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

De esta forma, los beneficios del proyecto pueden formalizarse de la siguiente manera.

$$BS_t = \left(\frac{1}{B_t}\right)^{(1/e)} \cdot W \cdot (Q_t^{(1/w)} - Q_0^{(1/w)})$$

Donde:

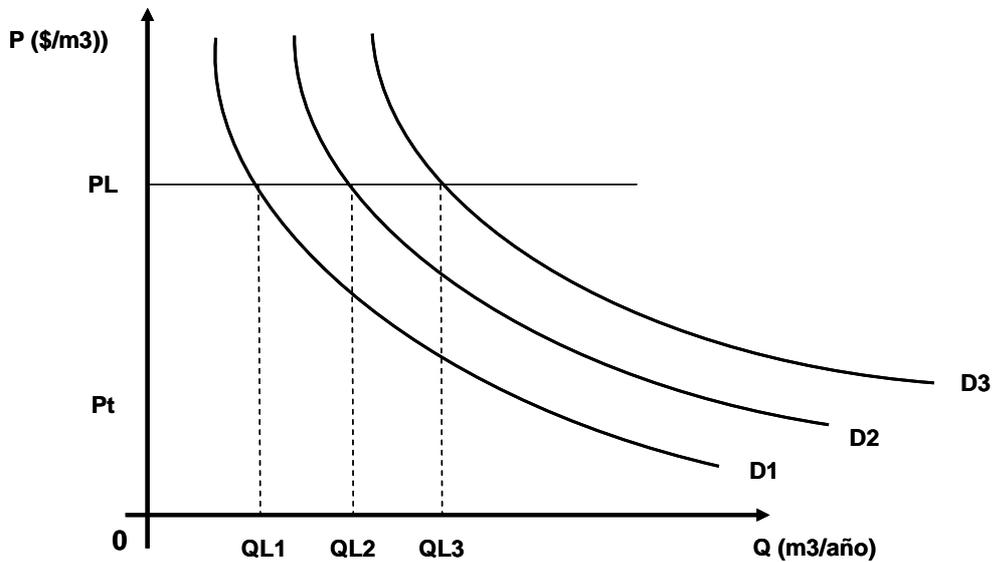
BS_t es el beneficio social en el año t.

D_t es $B_t \cdot P_t^e$

B_t es $0,365 \cdot P_{ob_t} \cdot A$

En la proyección de la situación SP la variable relevante es la población y su tasa de crecimiento. Año a año, al variar la población, la curva de demanda se desplaza hacia la derecha, aumentando los m3 de agua consumida. El precio límite se puede considerar constante, para todo el horizonte de evaluación, o en casos justificados incorporar alguna variación (Figura 40).

Figura 40. Crecimiento de la demanda por agua potable



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

En la Figura 40,

PL es el precio límite constante para todo el horizonte;

Di es la curva de demanda agregada para el año *i*;

QLi es la cantidad límite para el año *i*;

En la proyección de la situación con proyecto se debe determinar año a año la cantidad consumida y el precio.

II. Beneficios del proyecto

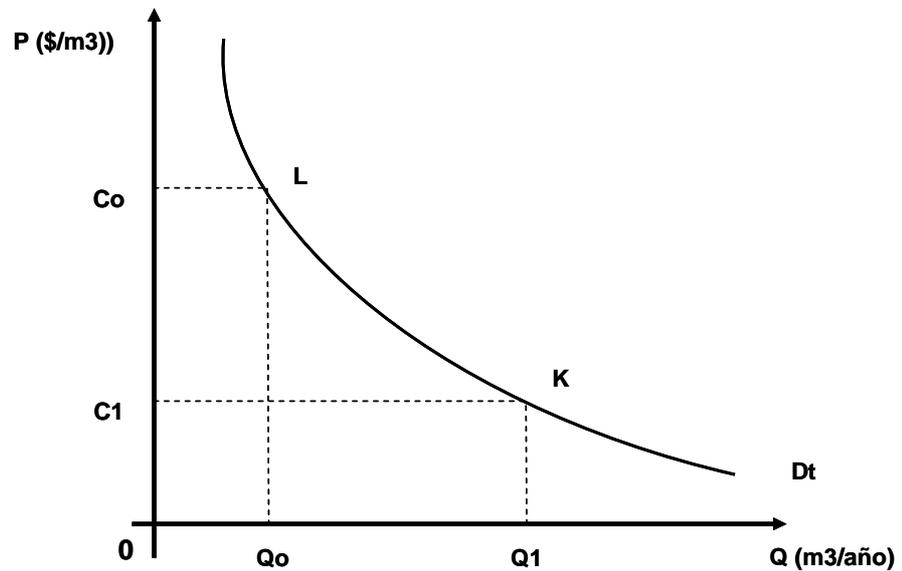
El beneficio de un proyecto de agua potable es igual al valor que los usuarios atribuyen a la cantidad adicional de agua que tienen para su consumo. La medición de este beneficio se realiza teniendo en cuenta el área bajo la curva de demanda entre la cantidad consumida CP y SP.

Dado que el proyecto aumenta la disponibilidad de agua cruda para la provisión de agua potable porque puede ser consumida a un menor precio, se producirá un aumento del consumo. En la Figura 41 en la situación SP se consume Q_0 a un precio PL. Con el proyecto, los usuarios aumentan su consumo a Q_t , a un precio P_t (menor a PL). Esta disminución de los costos es reflejo de la acción del proyecto sobre la liberación de recursos de la sociedad.

El proyecto provoca un cambio en la fuente de alimentación utilizada para la provisión de agua cruda, reduciendo los costos de captación y liberando recursos en la situación CP; ello provoca el aumento de la demanda de agua potable que origina el beneficio social del proyecto. En la Figura N°XX en la situación SP se consume Q_0 a un precio C_0 . Con el proyecto, los usuarios aumentan su consumo

a A1, a un precio C1 (menor a Co). Esta disminución de los costos es reflejo de la acción del proyecto sobre la liberación de recursos de la sociedad.

Figura 41. Beneficio por aumento del consumo de agua potable

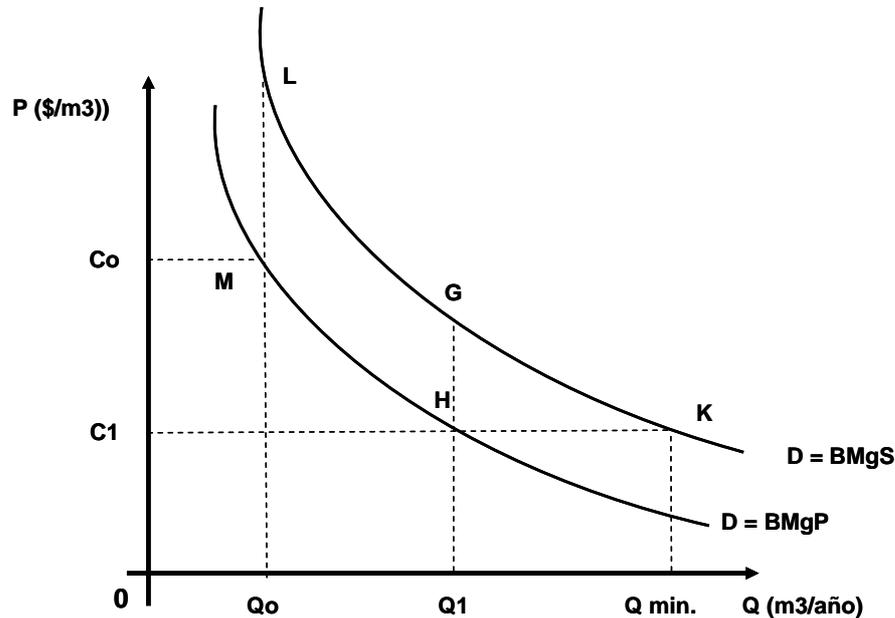


Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

La correcta estimación de estos beneficios debe considerar la optimización de la situación actual, a fines de no sobre-estimar beneficios legítimamente atribuibles al proyecto.

Cuando se establece que el agua potable es una necesidad básica, cuyo consumo mínimo de determinado nivel debe asegurarse a toda la población, si existen usuarios que a los costos (o tarifas) establecidos originalmente no pueden consumir ese mínimo, deben asignarse al proyecto los beneficios por la externalidad positiva asociada con el consumo del grupo con incapacidad de pago. Este es el caso cuando la curva de demanda privada los grupos de menores recursos está por debajo de la curva de Beneficio Marginal Social (BMgS, mínimo que la sociedad establece que cualquier miembro de ella debe consumir de agua potable). En la Figura 42 la curva de BMgS se estima como la demanda de aquel grupo de la sociedad que se usuario encuentra exactamente en el nivel mínimo deseable de consumo. La externalidad positiva que genera un aumento del consumo del grupo de menores ingresos desde Qo hasta Q1 es igual al área MLGH, el cual es adicional al beneficio por mayor consumo medido a precios privados, dado por el área QoMHQ1.

Figura 42. Beneficio por aumento del consumo de agua potable



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

III. Costos de producción de agua potable

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 (valorado en términos sociales) y los cambios en los costos sociales del funcionamiento del sistema. Los primeros se producen en la etapa de construcción del proyecto; los costos de operación se registran a lo largo de la vida útil del proyecto, y son los que permiten el funcionamiento y la mantención del sistema.

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.

Los costos de operación se refieren a los productos químicos, energía, mano de obra de mantenimiento de equipos y los gastos generales y de administración.

IV. Evaluación social

Una vez determinados los beneficios y los costos sociales del proyecto, año a año, a lo largo del período de evaluación, corresponde calcular los siguientes parámetros indicadores de rentabilidad social.

La inversión social actualizada se estima de la siguiente manera:

$$I.S.A. = \sum_{i=0}^n \frac{VSI_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

VSI_i es el valor social de la inversión correspondiente al año *i* e incluye estudios e imprevistos;

n es el período de evaluación;

r es la tasa de descuento social;

El costo social actualizado se estima de la siguiente manera:

$$C.S.A. = \sum_{i=0}^n \frac{VSI_i + COMS_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

COMS_i es el costo de operación total en el año *i*, valorado socialmente;

El beneficio social actualizado se estima de la siguiente manera:

$$B.S.A. = \sum_{i=0}^n \frac{BT_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

BT_i es el beneficio social por disposición a pagar más el beneficio por liberación de recursos del sistema existente, en el año *i*.

Para el análisis de los efectos redistributivos es necesario identificar a los agentes económicos que se verán afectados por el proyecto. Considere la posibilidad de un proyecto cuyo objetivo es la expansión o la mejora del abastecimiento de agua potable, en los que el estado está a cargo de la prestación de servicios y ejecución de las obras. Los agentes implicados son la población de la zona afectada y el Sector Público. Para cada agente identifica los beneficios y costos que se les asignan.

Tabla 14. Efectos del proyecto relacionados al agua potable

Agentes	Beneficios	Costos
Población afectada (zona de influencia del proyecto)	Beneficio por mayor consumo	Pago de mayor tarifa de agua potable
	Beneficio por mayor consumo de los pobres de la zona de influencia del proyecto	
Proveedor	Cobro de tarifa mayor por consumo agua potable	Inversiones
	Costos de operación, mantención o mejoramiento de sistema de provisión agua potable de sin proyecto	Costos de operación, mantención o mejoramiento de sistema de provisión agua potable de con proyecto

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

4.6. Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Minería

La minería es una actividad industrial dependiente de recursos hídricos que se caracteriza por grandes inversiones de lenta maduración. En la actualidad existen numerosos lugares del norte de Chile en donde la demanda de agua es superior a la oferta, lo cual crea conflictos evidentes. Los nuevos proyectos mineros han debido, por esto, explorar nuevas fuentes de agua, muchas veces a un costo considerablemente mayor. Las tendencias han estado orientadas a obtener nuevas fuentes de agua y a ahorrar agua en los procesos de extracción, lo que incluye no sólo reducir el consumo de agua por unidad de cobre producida, sino que en muchos casos la utilización del agua de descartada en otras actividades. El uso se concentra mayormente en las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Copiapó, Coquimbo, Valparaíso, Bernardo O'Higgins y Metropolitana y entre éstas, en la Región de Antofagasta.

Dada la creciente actividad minera, explicada por lo altos precios del cobre en los últimos 5 años y aún cuando según datos del Consejo Minero de Chile²⁸ la gran minería chilena es sólo el 4.5% de la demanda total de agua cruda, existe un relativo conflicto por el uso del agua y que tiene que ver con la escasez de derechos de agua disponibles, la competencia por un recurso limitado, los aspectos ambientalistas, entre las principales.

Las fuentes actuales de provisión de agua cruda para minería corresponden básicamente a plantas desaladoras, agua de mar, atrapanieblas, compra de derechos de aprovechamiento de aguas a regantes y empresas sanitarias y las cuencas superficiales y subterráneas.

i. Definición de la situación Sin Proyecto

El diagnóstico del sector minero es fundamental para identificar, cuantificar y evaluar los beneficios y costos asociados al uso del agua con este fin. Si bien la principal actividad minera de Chile corresponde al cobre, el análisis es aplicable a la minería del oro, plata, cinc, plomo, y níquel. No se considera el uso indirecto del agua, es decir el agua utilizada en producir la energía, los insumos y el transporte que requiere la minería.

²⁸ Citando a la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas en el documento "El desafío del agua en la minería" (2008).

El resultado del diagnóstico es la detección de los problemas y/o dificultades para el desarrollo de proyectos mineros, a partir de la demanda para los distintos usos y la identificación de alternativas.

a) Demanda de para fines mineros

En el país, el 84.5% del agua se usa en riego, mientras el 4.5% se utiliza en la minería (Minería Chilena, Marzo, 96). Esta proporción se invierte cuando se trata de la generación del producto interno bruto. Lo mismo ocurre, en forma más acentuada, a nivel de la Región de Antofagasta, en donde la minería es la principal actividad económica.

(1) 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).

(2) Agua para consumo en la mina

El uso principal de agua en las minas de cielo abierto es en el riego de caminos con objeto de reducir el polvo en suspensión. En la minería subterránea, el consumo del agua es reducido y generalmente se extrae agua natural que se apoya 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.

(3) Agua para funcionamiento de las plantas de procesamiento de minerales

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).

(4) Pérdidas de agua en la minería

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 disminuye²⁹; ii) **infiltraciones** producidas hacia las napas subterráneas pueden ser consideradas muchas veces como pérdidas ya que una parte considerable de esta agua queda absorbida en los suelos o se evapora. Sin embargo, una parte del agua puede ser recuperada de las napas; 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 es aproximadamente 0.3 metros cúbico por tonelada de cobre blister, aunque esta cifra puede variar dependiendo de la ley del concentrado y de las características de la fundición; 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. Ello es así en muchos procesos mineros en el norte de Chile. En cambio en otros casos el tranque y/o los espesadores están ubicados a menor altura sobre el nivel del mar que la respectiva planta concentradora y resulta demasiado caro bombear agua de vuelta al 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. En general, las plantas concentradoras de las grandes minas de cobre chilenas recuperan entre 30 y 84% del agua, dependiendo de las características específicas de los procesos.

(5) 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. En Chile hay tres grandes plantas concentradoras que envían el concentrado a un puerto mediante un mineroducto. Estas son las plantas de Minera Escondida, la de Collahuasi y la de Pelambres. En todos estos casos el

²⁹ 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%.

concentrado es transportado más de 150 kilómetros, desde alturas por sobre los dos mil metros sobre el nivel del mar hasta un puerto. Con objeto que el concentrado fluya a lo largo del mineroducto, es preciso agregar agua. El agua promedio utilizada en estos mineroductos es de 40 litros por tonelada (MEL, 1995) de concentrado, y representa aproximadamente entre un 4 y un 6% del total de agua consumida en las respectivas plantas concentradoras. 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.

Finalmente, 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 aquí no se cuenta el consumo de agua del uso de camiones o trenes, el que es muy superior al consumo del radiador³⁰. No obstante, a fines simplificar el análisis no se hará consideración de estos usos del agua en ninguno de los sectores productivos.

(6) 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. En general, cerca del 26% del agua consumida se utiliza en 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.

El consumo de agua en enfriamiento de gases puede variar considerablemente de una fundición a otra. Por ejemplo, una fundición que se encuentre cercana al mar puede utilizar en la casi totalidad del enfriamiento, agua de mar, devolviendo esta al mar una vez utilizada y asegurando que no se produzcan impactos ambientales de consideración debido al cambio de temperatura. Por otra parte se 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 es en la producción de oxígeno, el que es necesario para hacer más eficiente las reacciones de

³⁰ 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.

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

(7) Agua para refinerías electrolíticas

El proceso de refinación electrolítica es el último de la vía tradicional de producción de cobre. Consiste en electrolizar los ánodos provenientes de la fundición con objeto de eliminar las impurezas, principalmente metálicas, que son del orden de 0.1 a 0.3 por ciento. El cobre depositado en los cátodos durante la electrorefinación debe tener una pureza superior al 99.99%. En la electrorefinación las pérdidas de agua se producen fundamentalmente debido a la evaporación y al descarte de soluciones. La primera ocurre en la parte superior de las celdas electrolíticas y está exacerbada debido a que la temperatura del 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. Según antecedentes de Fluor- Daniel (1997) esta cifra corresponde a 0.25 m³ de agua por tonelada de cobre producido.

(8) 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 de los 80 para la recuperación de algunos sulfuros secundarios, principalmente la calcosina. Durante los 90, este proceso se ha aplicado en un creciente número de minas debido a su bajo costo de operación, comparado con el proceso tradicional.

El proceso consiste básicamente en que el mineral extraído de la mina es chancado y posteriormente aglomerado con objeto de que cuando se construyen las pilas de lixiviación, la solución lixivante pueda percolar y entrar en contacto con las diversas partículas que contienen mineral. Durante la aglomeración el mineral se contacta con una solución que contiene ácido sulfúrico con objeto de comenzar el proceso de disolución del cobre. Con posterioridad a la aglomeración el mineral, que contiene aproximadamente un 10% de humedad, se acopia en pilas de unos pocos metros de altura (dos a diez metros), dependiendo de las características del mineral y del lugar, y se riega la superficie superior con una solución ácida. Dicha solución percola al interior de la pila y junto al oxígeno produce la oxidación de los óxidos y sulfuros secundarios de cobre. Este proceso se puede acelerar con la inclusión de otros agentes oxidantes tales como ión férrico, y/o bacterias. Las pilas han sido construídas sobre una superficie impermeabilizada con objeto de recuperar la totalidad de las

soluciones y también de evitar la contaminación de aguas superficiales y subterráneas.

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

Una vez que la solución proveniente de la lixiviación es descargada de cobre mediante SX, se reacondiciona su pH, el 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.

b) Identificación de alternativas

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 bien desde la perspectiva de este desarrollo metodológico el análisis debe centrarse en el uso de agua embalsada para fines mineros, la recomendación más recurrente en la bibliografía tiene que ver con la incorporación de nuevas tecnologías para el mejor aprovechamiento del recurso. Entre ellas, subsidiar con recursos públicos la ejecución de estudios para innovación y desarrollo tecnológico y el aprovechamiento de los recursos del "royalty" a la minería para los mismos fines. No obstante, el mayor desafío que enfrenta la minería se

relaciona con el consumo inter-temporal del recurso, que evalúa el beneficio de postergar el consumo presente de agua a favor de futuras generaciones. No obstante, este aspecto se tratará en profundidad en el capítulo de valor de agua como bien público.

Otras alternativas para el aumento de los recursos hídricos en la situación SP tiene que ver con el aprovechamiento de aguas secundarias de otros procesos productivos, tales como el uso de aguas residuales domésticas, las tecnologías para la remoción de arsénico y potabilización de agua, técnicas de drenaje para la recuperación de agua en relaves mineros, y manejo de recursos hídricos con tecnología de información satelital. Así también, se ha ropuesto la disminución de las pérdidas por evaporación, a través del desarrollo y adaptación de tecnologías que mitiguen las pérdidas y asesorar a las compañías mineras, ayudándolas en el proceso de transferencia tecnológica. Con esta diversidad de técnicas, se busca aliviar la presión sobre las aguas superficiales y subterráneas y generar conocimiento acerca de mecanismos más eficientes para la adecuada utilización del recurso hídrico.

ii. Definición de la situación Con Proyecto

Dado que el proyecto principal se refiere a la construcción de obras hidráulicas, ésta deberá compararse con las diferentes alternativas de proyecto para obtener aumentos en la disponibilidad del agua. La Comisión Chilena del Cobre (Cochilco) propone un conjunto de alternativas competitivas a los embalses 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.

c) Beneficios netos

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 es un factor primordial y de entera responsabilidad del geólogo que investiga el yacimiento. En este factor podemos incluir los distintos parámetros geólogo industrial a saber: calidad, cantidad, condiciones de yacencia, morfología etc.

La **localización** del posible yacimiento determina la cercanía al mercado, la disponibilidad de mano de obra, energía y existencia de infraestructura etc. Aquellos yacimientos muy 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. Este aspecto es muy importante para los minerales industriales los cuales, generalmente, por su bajo valor unitario no pueden ser transportados a grandes distancias.

El enfoque de la **función de producción** es la técnica más ampliamente aplicada para la valoración del agua en la industria. En este sentido, la demanda por insumos del productor es el valor del producto marginal (VPMg), por lo cual la solución requiere una aproximación a esta función.

$$Y = f(K, L, R, W, Ag)$$

$$VPMgAg = PMgAg * Pbien$$

Los proyectos mineros poseen como peculiaridad, el agotamiento paulatino de sus recursos minerales por lo que durante la vida útil del yacimiento los recursos invertidos deben ser recuperados y remunerados con una rentabilidad tal que le permita a la empresa favorecer la inversión en negocios mineros en lugar de otras alternativas.

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 formula propuesta por Taylor es

$$Am (Mt/año)=0.25 (reservas(Mt))^{0.75}$$

Donde:

AM es producción anual

MT es toneladas métricas

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

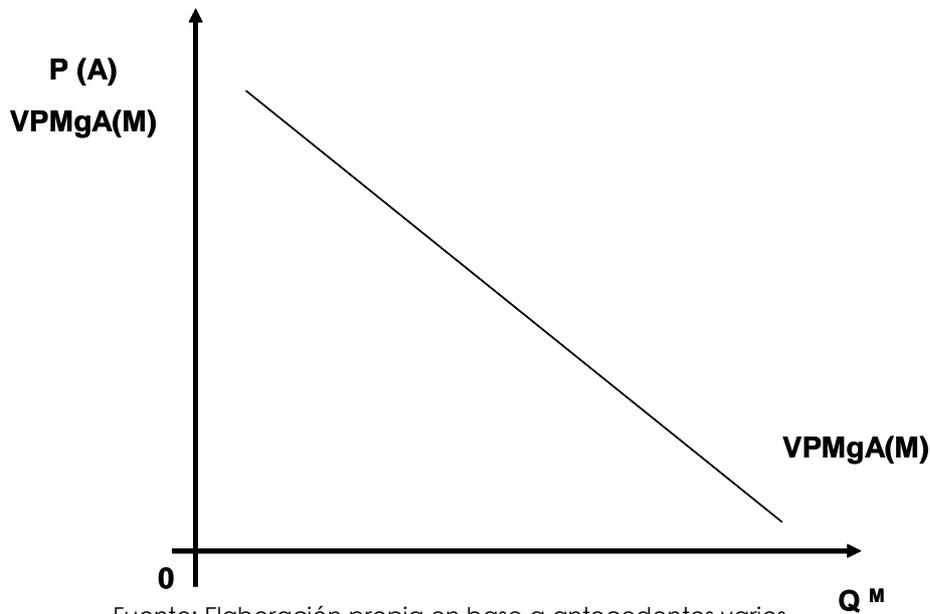
Los **ingresos** se dividen en operacionales y no operacionales. Los ingresos operacionales están relacionados con la venta o realización de la producción de la futura mina (metal, concentrado o mineral) y dependen directamente de la producción anual y el precio de la materia prima mineral que se produce, la ley, la recuperación en planta entre otros factores. Los ingresos no operacionales poseen poco peso en los flujos positivos del proyecto y provienen de la venta de activos fijos una vez concluida su vida útil (valor residual) y de la recuperación del capital de trabajo en el último año de operaciones del proyecto. Como regla una mina lo que produce es concentrado y no metal puro. Es conocido que lo que se publica es la cotización de los metales refinados (finos) por lo que a partir de esta información hay que derivar el precio de una tonelada de mena y concentrado.

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:

- 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)
- Tonelaje del yacimiento (reservas estimadas y potenciales) (tabla de Taylor)
- Demanda de la materia prima
- Consideraciones económicas (magnitud de la inversión capital)

La Figura 43 muestra la demanda agregada de agua para los diferentes usos de la misma.

Figura 43. Demanda por agua en la minería



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Los **gastos de tratamiento y refinación** se suponen que deben cubrir los gastos totales y beneficios del metalúrgico hasta llegar al metal vendible. Los **costos de operaciones** se definen como aquellos generados de forma continua durante el funcionamiento de una operación pudiéndose dividir en costos directos, indirectos o generales. Los *costos directos* o variables pueden considerarse como los costos primarios de una operación y consisten, básicamente, en las aportaciones del personal, materiales y preparación y desarrollo: personal, de operación y de supervisión de la operación, de mantenimiento y de supervisión del mantenimiento, otras cargas salariales, materiales, repuestos y materiales de reparación, materiales para el tratamiento, materias primas consumibles (electricidad, agua, etc.). Los *costos indirectos* o fijos son gastos que se consideran independientes de la producción. Este tipo de costos puede variar con el nivel de producción proyectada, pero no directamente con la producción obtenida. Los componentes principales son: personal, seguros (de propiedad y responsabilidad), amortización de la deuda, intereses, impuestos, restauración de terrenos, gastos de oficina y servicios, relaciones públicas y publicidad, servicios técnicos y almacén y talleres, entre otros. Los *costos generales* pueden considerarse o no como parte de los costos de operaciones y aunque algunos corresponden a un determinado proceso o unidad se contemplan a un nivel

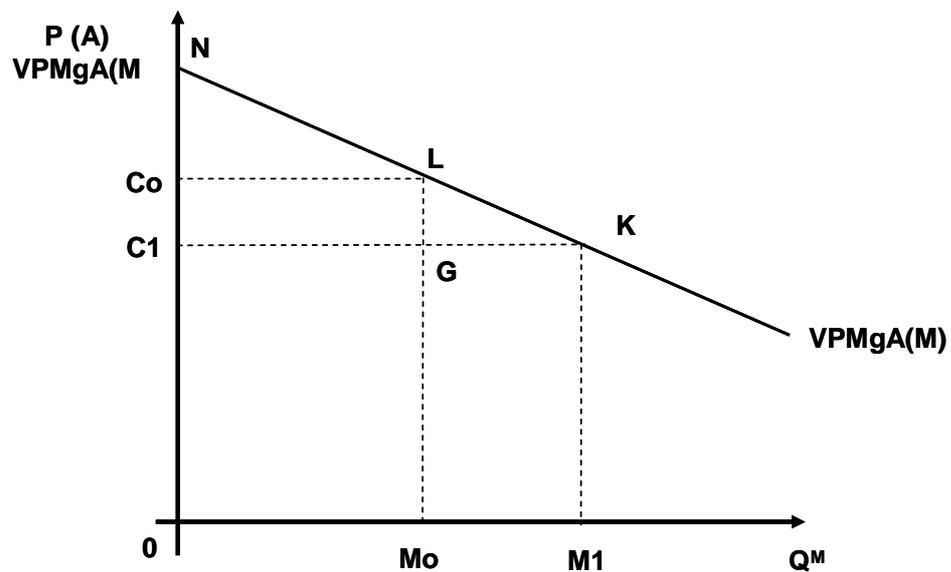
corporativo del ciclo completo de producción. Entre ellos comercialización y administración, contabilidad y auditoría, gerencia y dirección general y otros relacionados.

Por último, en el flujo de **evaluación privada** deben incluirse el pago de impuestos a la minería: royalty e impuesto sobre la ganancia o renta. El Royalty se determina por la legislación minera del país (Ley de Minas) y es un impuesto que se paga sobre los ingresos brutos anuales por ventas de materia prima mineral o por unidad de mineral producida. El impuesto sobre las rentas se aplica en una escala gradual y provoca afectaciones al flujo de caja anual. El cálculo de los impuestos incorporará las políticas de depreciación o pérdida del valor y como consecuencia la agencia debe tratar de mantener la unidad económica en el mismo nivel de eficiencia evitando la descapitalización.

En la situación SP la cantidad consumida de agua es M_0 , a un costo equivalente a C_0 . Entonces, cualquier aumento en la oferta provoca una disminución de costos a C_1 (Figura 44). En tal caso, los beneficios del agua en minería corresponden a:

- **Beneficio por mayor consumo de M_0 a M_1** , es igual al área bajo la curva de demanda, M_0LKM_1 .
- **Beneficio neto por disminución de los costos** que son resultado del proyecto; igual al área $CoLGC_1$.

Figura 44. Demanda por agua en la minería



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Como resultado de la ejecución del proyecto, las mineras recibirán beneficios por aumento de los ingresos por mayores ventas de mineral procesado. Éstas deberán ser corregidas por el tipo de cambio social, al igual todas las partidas de costos y beneficios, que deberán ajustarse a precios sociales. Asimismo, debe considerarse que si las mineras beneficiadas giran sus remesas al extranjero, este beneficio no debe ser contabilizado como un beneficio social, pero sí los impuestos recaudados a partir de éstas (royalty y rentas).

Así también deben incorporarse en la evaluación todos los costos ambientales o sociales generados por el desarrollo de nuevos proyectos mineros desarrollados a partir del aumento de la disponibilidad de agua para la minería. Por ejemplo, las externalidades 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), mayores costos de conservación y mantenimiento de la infraestructura general por mayor uso y otros. En la Tabla 15 se resumen los costos y beneficios para las mineras.

Tabla 15. Beneficios y Costos atribuibles a la minería

Agentes	Beneficios	Costos
Mineras Nacionales y Extranjeras	Incremento en los beneficios por aumentos de la producción de cobre Disminución de costos de producción	Costo adicional por concepto de las inversiones y proyectos ejecutados para el aprovechamiento de los recursos hídricos adicionales
Sector Público	Aumento de la recaudación de impuestos por royalty y rentas	Inversiones en proyectos de infraestructura que no puedan cargarse directamente al proyecto (vialidad, puertos, otros)
Sociedad	Aumento de las tasas de crecimiento de PBI por la magnitud de los proyectos mineros	Efectos ambientales netos Efectos indirectos y secundarios netos

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

iii. **Consideraciones finales**

El nuevo modelo de manejo de los recursos hídricos debe incentivar el aumento de la eficiencia en la utilización del agua, a través de diferentes proyectos

alternativos, incluidos los embalses multi-propósito. En el particular de la actividad minera, deberán considerarse también todos los costos sociales y ambientales generados, así como sus respectivos beneficios.

4.7. Metodología de Formulación y Evaluación de Proyectos de Defensa Fluvial

Los proyectos de defensas fluviales tienen por finalidad prevenir las inundaciones, producto de las crecidas de los caudales de ríos producto de los regímenes pluviales y nivales aguas arriba en 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 hoyas hidrográficas.

La metodología se basa en el cálculo del VAN para diferentes alternativas de diseño de obra, las que evitan los daños producidos por una crecida cuya magnitud está asociada a un período de retorno (T). El cálculo se hace para una serie de beneficios producidos en un tiempo probabilístico.

I. Formulación de proyectos de defensa fluvial

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 (FACH), 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.

i. Análisis Diagnóstico

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 siguientes.

a) 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.

b) 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.

c) 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.

ii. Definición de las alternativas de proyectos

En función de los daños que se espera evitar, se debe plantear la mayor cantidad de alternativas técnicas que den solución al problema. 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. 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.

iii. Evaluación de las alternativas de proyectos

En proyectos de defensas fluviales en general 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 evitados por el proyecto (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.

En tanto, los costos corresponden a las inversiones necesarias para la ejecución del proyecto y su posterior mantenimiento y conservación.

a) Beneficios

Los beneficios del proyecto pueden clasificarse de acuerdo a los siguientes criterios-

(1) Beneficios directos

Los beneficios directos provienen de los daños resultantes del contacto directo del agua con las diferentes propiedades en la zona afectada. 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. Este es el típico ejemplo de destrucción de siembras y cultivos, pérdidas de ganado y daños industriales, entre otros.

Los daños urbanos directos están dados por el costo de construcción. Para propiedades destruidas totalmente, se considera el valor que tenían en el mercado, antes de la inundación.

Habrán beneficios adicionales, una vez realizadas las obras fluviales, tales como revalorización de los terrenos o propiedades al mejorar el nivel de seguridad frente a inundaciones y recuperación de terrenos que fueron playa de río.

Los beneficios deberán estimarse para diferentes períodos de retorno. Entre los principales se encuentran los ahorros por los siguientes conceptos.

(a) 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.

(b) 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.

(i) Reposición y recuperación de propiedades

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 tipo de beneficio 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.

(ii) Recuperación de terrenos anegadizos

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. El proyecto, al reducir los efectos de las inundaciones, incrementa el potencial del terreno, permitiendo que se desarrollen actividades de mayor valor económico.

(iii) Reposición y recuperación de infraestructura vial

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. 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.

(iv) Reposición y recuperación de infraestructura ferroviaria

Corresponde a los daños registrados en todo tipo de infraestructura de ese tipo, incluyendo la limpieza y reparaciones menores.

(c) 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, entendiéndose 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.

(d) 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.

(e) 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.

(f) 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.

(g) 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.

(h) 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 embaucamiento y sedimentación de los sitios de atraque.

(i) 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.

(j) Pérdidas de vidas humanas

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.

(2) 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.

(3) Cuantificación y valoración de beneficios

Para medir y valorar los beneficios de un proyecto que reduce las inundaciones, se pueden, dependiendo del tipo de beneficio, aplicar alguna de las siguientes metodologías para obtener los beneficios de disponer de un sistema de conducción y disposición de aguas que evite o disminuya los costos asociados a las inundaciones.

- Precios Hedónicos
- Cuantificación de daños evitados (por ahorros de costos o pérdidas de productividad)
- Valoración Contingente

La aplicabilidad de los métodos depende fundamentalmente del tipo de beneficio que se espera estimar. En general, para estimar beneficios por daños evitados 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 recomienda el método de daño evitado o 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, las metodologías de valoración contingente.

A los fines de la cuantificación y valoración de beneficios y costos, supone que en la situación SP los deterioros provocados por las lluvias aguas arriba en el valle son aluvionales, en tanto en la situación CP son inundacionales por efecto de la acción regulación que realiza la obra hidráulica. Ello implica que dado que en CP la evacuación de los caudales es relativamente controlada, se espera que los deterioros y daños ocasionados por los flujos efluente sean considerablemente menores a los observados en la situación SP.

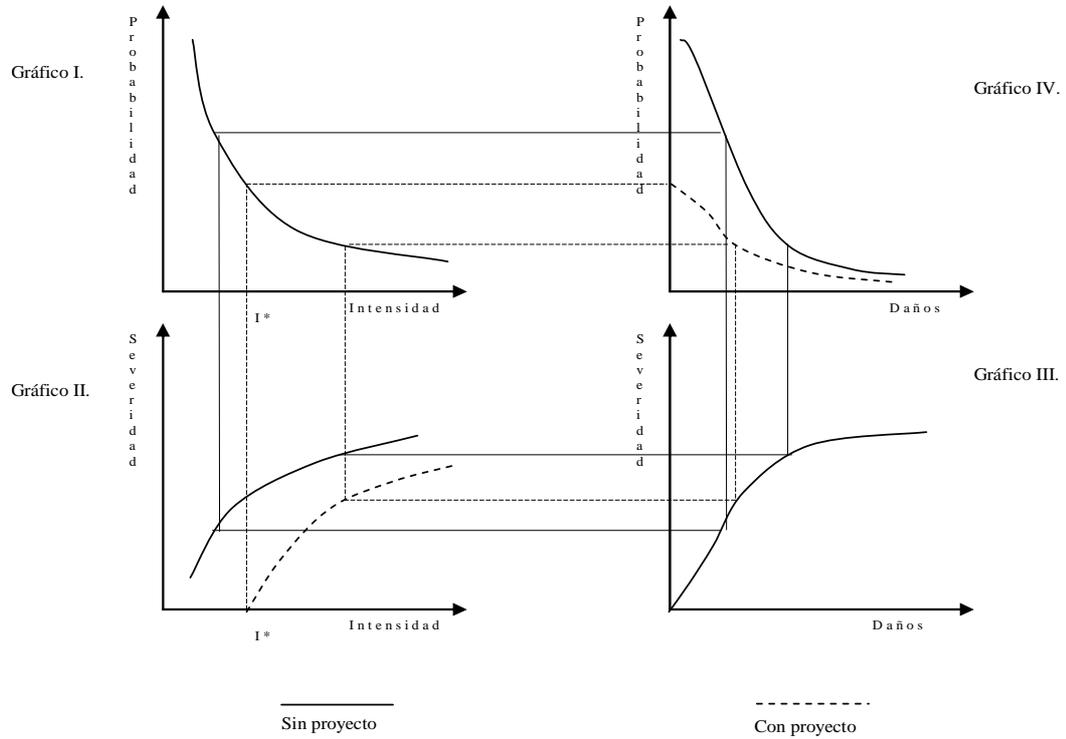
En lo que sigue se presenta el instrumental de estimación de beneficios, el que combina los diferentes métodos anteriormente presentados (daño evitado, precios hedónicos, valoración contingente y otros).

(a) Daño evitado esperado

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.

De esta forma, la estimación de beneficios del proyecto se construye a partir de una curva de costos – probabilidad que puede resumirse en la Figura N°X que incluye (i) precipitaciones y probabilidades de ocurrencia, (ii) niveles de precipitación y severidades de inundación, (iii) severidades de inundación y costos de los daños producidos, y (iv) los costos y sus probabilidades de ocurrencia.

Figura 45. Estimación de beneficios por dalo evitado



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Al producirse las precipitaciones aguas arriba que causan las inundaciones dependiendo de la topografía de la zona, tipo, condiciones y uso del suelo y otras variables que caracterizan la cuenca en estudio (en el gráfico II de la figura a mayores niveles de precipitaciones aguas arriba, mayores los grados de severidad de las inundaciones aguas abajo). Debe considerarse también que la severidad de una inundación es un fenómeno multivariado, pero que usualmente se relaciona 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 45).

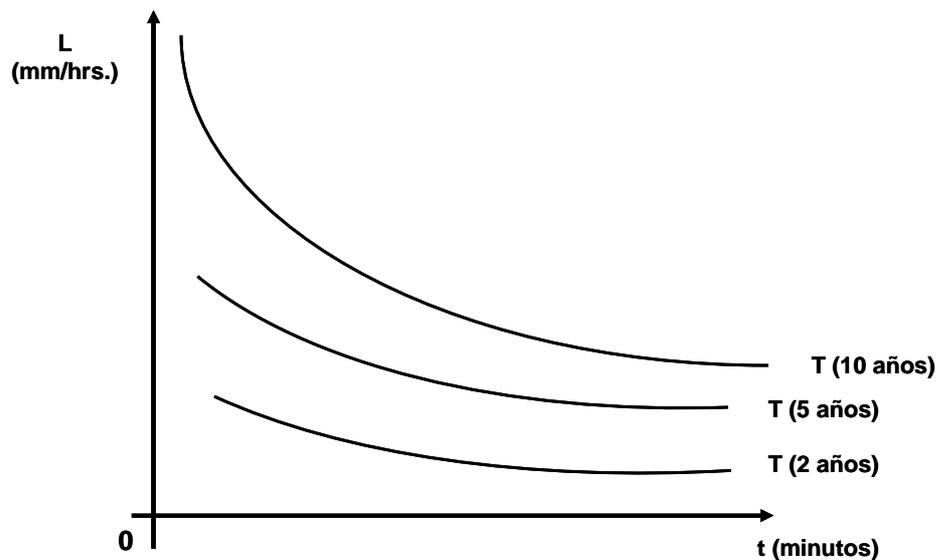
A partir de lo anterior puede construir la curva costos – probabilidad de ocurrencia, a partir de la interconexión de cada una de las etapas descritas anteriormente (gráfico IV de la Figura 45). Es decir, si una lluvia aguas arriba con cierta probabilidad de ocurrencia provoca una inundación con un nivel de severidad tal que produce un cierto daño, la probabilidad de ocurrencia de ese daño es la probabilidad de ocurrencia de la precipitación que provocó el aluvión o inundación. Con estos elementos, se obtiene el valor esperado por ahorro de costos que genera el proyecto. En la Figura 46 se presenta la construcción de la curva daños – probabilidad para un año dado; con la construcción de las obras,

para cada nivel de precipitaciones habrá una menor severidad de inundaciones (por ejemplo, para lluvias menores al nivel de diseño “I*” no habría inundaciones; este es el caso cuando el volumen de regulación se hace máximo una vez que ha sido vaciado el embalse una vez transcurrido el período de escurrentía (efluencia); lo mismo ocurre la primera vez que se llena el embalse y se ocupa el volumen muerto). Si la lluvia sobrepasa el nivel de diseño habrá inundaciones, aunque de menor severidad que en la situación SP. Este desplazamiento hacia abajo de la curva severidad- intensidad es el resultado directo del proyecto. De esta manera, para un año dado el efecto del proyecto es reducir el daño para cada nivel de lluvia que ocurre.

(i) Modelación de los flujos hidráulicos

En primer término deben calcularse las curvas de intensidad – duración – frecuencia para conocer la tormenta de diseño para los períodos de retorno de 2, 5, 10, 25 y 100 años. Esta tarea es de carácter técnico y previa al análisis económico y debe ser realizada por un especialista (Figura 46).

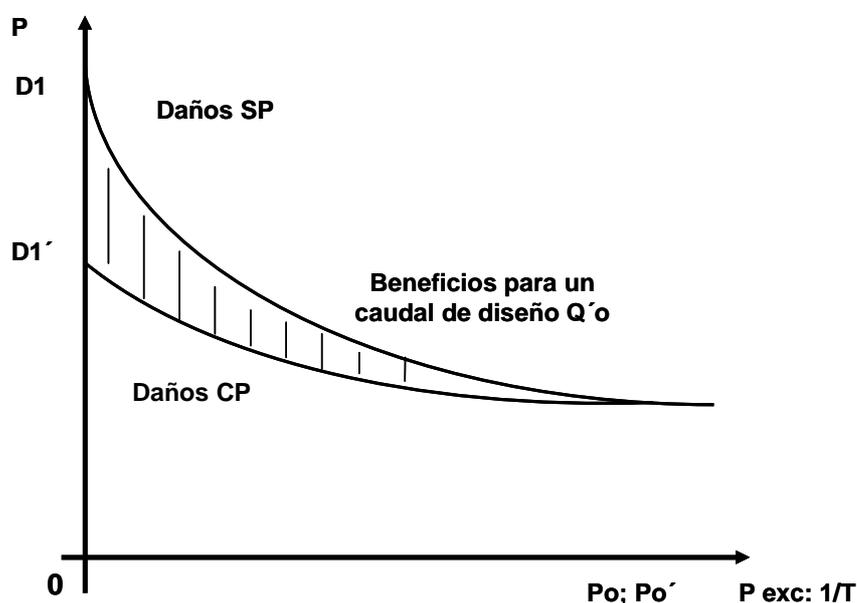
Figura 46. Curvas de intensidad – duración – frecuencia



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 47).

Figura 47. Curvas de intensidad – duración – frecuencia



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

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 $D1POPO'D1'$. 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, entonces el caudal efluente puede ser evacuado a través de las obras de desagüe de medio fondo y del vertedero, lo cual provocará daño 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. La

velocidad³¹ de evacuación depende de la altura de agua Y del volumen de regulación de crecidas según la siguiente relación:

$$V = \sqrt{2gh}$$

La altura de agua implica realizar un estudio topográfico de la hoya para diferentes cotas del muro. Con la obra de regulación (embalse por ejemplo), las crecidas que eran de características aluvionales en SP daños por inundación en CP debido a que los caudales son regulados.

(ii) Modelación teórica de beneficios

Siguiendo la teoría de decisiones bajo incertidumbre, y suponiendo neutralidad al riesgo, se puede establecer que el beneficio total asociado a evitar el fenómeno de la inundación estará dado por la esperanza matemática de los menores daños que se obtienen con el proyecto. Luego, los beneficios para un año t estarán dados por la siguiente ecuación:

$$B(t) = \int_0^{\infty} P(i) * [C_0(i) - C_1(i)] di$$

Donde,

B(t) son beneficios del proyecto para un año t;

P(i) es la probabilidad de ocurrencia de la tormenta de intensidad i;

C0(i) es el costo asociado a la tormenta de intensidad i, SP;

C1(i) es el costo asociado a la tormenta de intensidad i, CP;

Esta ecuación corresponde al valor esperado del ahorro de costos para el año t. En ella se consideran 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.

La complicación de este método es que se debe cuantificar y valorar cada tipo de beneficio por separado y sólo aquellos beneficios tangibles. Su principal

³¹ 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.

ventaja está en el hecho que su cálculo es más sencillo. Esta metodología ha sido ampliamente aplicada en la evaluación de este tipo de proyectos.

(iii) Beneficio por menor daño en propiedades residenciales

Los beneficios por este concepto se estiman a través del **Método de Precios Hedónicos**, que se basa en los precios de las propiedades³². De acuerdo a este modelo, el precio de un bien depende de las características o atributos que éste contiene; por tanto, aislando cada atributo específico es posible establecer su "precio" implícito. 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. En este caso el atributo es "no inundable" o "inundable con menor probabilidad".

El beneficio por menor daño en propiedades residenciales será equivalente al cambio en el precio de la vivienda al mejorar la condición de evacuación y drenaje de aguas lluvias, el que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{\Delta P}{P} = e^{(-0,033987 \times \Delta Severidad + 0,5 \times 0,012^2)} - 1$$

Donde,

$\Delta P/P$ es la variación en el precio de la vivienda debido a las obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias;

$\Delta Severidad$ es la variación del Índice de Severidad debido a las obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

Una aplicación a modo de ejemplo se encuentra en el Anxo N°XX.

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

³² La principal ventaja de este método es que, de poder aislar con éxito el atributo que interesa, permite capturar gran parte de los beneficios tangibles e intangibles del proyecto, a través de utilizar precios de mercado de las viviendas (en lo que interesa), es decir, preferencias "reveladas" en lugar de preferencias "declaradas" como es el caso de valoración contingente.

variable que queda por despejar es la “severidad”, que queda determinada de acuerdo a la Tabla 16.

Tabla 16. Índice de Severidad en función de la Altura de Inundación y probabilidad de Excedencia

Altura Inundación		Probabilidad de Excedencia	
(cm.)	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.

El método propuesto plantea que si 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 pero no excede nunca los 10 centímetros (sólo inundación en la calle), el indicador es 1; si la altura de inundación es mayor a 10 y siempre menor a 20 centímetros, el indicador de severidad será 2 si es que la probabilidad de excedencia de este rango está entre 1% y 20%; indicador de severidad será 3 si la probabilidad de excedencia está entre 20% y 50% (ambos inclusive) y 4 si es que la probabilidad de excedencia es mayor que 50%.

Es mayor a los 20 centímetros (se inunda el interior de la vivienda), el indicador será 6 si es que la probabilidad de excedencia de este rango está entre 1% y 20%, 7 si es que la probabilidad de excedencia está entre 20% y 50% (ambos extremos inclusive) y 8 si es que la probabilidad de excedencia es mayor que 50%.

La labor del evaluador consistirá en estimar el precio de las viviendas actuales y simular las tormentas con el objeto de determinar las alturas de inundación. El valor obtenido por este método corresponde al valor presente del beneficio esperado por menores daños directos en propiedades residenciales, por lo que corresponde registrarlo en el año 0 del flujo de caja del proyecto.

Alternativamente, para evaluar beneficios de las obras en las viviendas, puede utilizarse el **Método de Valoración Contingente** el que obtiene la información en forma directa de los individuos a través de un cuestionario en las 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 determinado³³.

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 encuesta. En tal sentido, un sesgo de importancia es el denominado sesgo estratégico por parte del entrevistado, el que se presenta cuando el entrevistado cree que con su respuesta puede influir en la decisión final que se tome sobre la propuesta de proyecto. Esto ocurre porque se tiene la percepción de que la solución de los problemas causados por las inundaciones es competencia del Estado y es éste quién asumirá su costo. En tal caso, su DAP estará sobrevalorada. Alternativamente, si la persona cree que le van a cobrar en función de la disposición a pagar que manifieste en la encuesta, tenderá a declarar una DAP menor, con lo cual la DAP estará subvalorada.

Otro inconveniente de este método radica en la dificultad de que los beneficiarios del proyecto internalicen en su DAP el hecho de que las inundaciones con un fenómeno probabilístico y que, por lo tanto, las soluciones propuestas presentan cierta probabilidad de falla. Asimismo, no es recomendable aplicar este método en períodos "críticos" (después de de una lluvia de importancia o después de un par de años secos), debido a que en estos casos la DAP estará sesgada al alza o a la baja según corresponda, por que las respuestas estarán influenciadas por la experiencia inmediata o más reciente.

(iv) Beneficio por recuperación de terrenos baldíos anegadizos

Se utiliza la misma metodología que la señalada para propiedades residenciales pero considerando solamente el cambio en el precio del terreno sin vivienda, ya que ésta no existe.

(v) Beneficio por menor daño en propiedades comerciales e industriales

El daño de los locales comerciales e industriales inundados en un sector se calcula 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 cm. 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.

³³ 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).

Tabla 17. Porcentaje de Daño en función de la Altura de Inundación

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%

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología de Formulación y evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias – MIDEPLAN (2010).

El daño de los locales comerciales e industrias inundados se mide como un porcentaje del valor de la propiedad, Pd, el cual variará en función de la altura de la inundación según se muestra en la siguiente figura.

El beneficio del proyecto estará dado por el diferencial del valor del daño entre las situaciones CP y SP. Por tanto, la única variable a estimar será el valor de los locales comerciales o propiedades industriales (precio promedio por m² multiplicado por la superficie promedio de los locales, en cada sector definido). Las áreas de inundación y las alturas se obtendrán de la misma simulación computacional utilizada para el cálculo de los beneficios de las propiedades residenciales. El valor obtenido por este método simplificado corresponde al valor presente del beneficio esperado por menores daños directos en propiedades comerciales o industriales, por lo que corresponde registrarlo en el año 0 del flujo de caja del proyecto.

(vi) Beneficio por menor daño en inmuebles de organismos públicos

Desde el punto de vista inmobiliario las propiedades de organismos públicos se asemejan a las propiedades comerciales, en cuanto a su valoración e impacto por inundaciones. En virtud de ello y amparados en el principio de simplicidad y economía, se ha estimado conveniente aplicar a este tipo de inmuebles la misma metodología de valoración de los beneficios del proyecto en propiedades comerciales.

(vii) Beneficio por menor deterioro de la infraestructura vial

El beneficio por menor deterioro de la infraestructura vial se calcula como:

$$\text{Beneficio por menor deterioro Infraestructura Vial} = Cd^{\text{Sin proyecto}} - Cd^{\text{Con proyecto}}$$

Donde

Cd es el costo anual esperado de reposición de la infraestructura vial deteriorada por las inundaciones, tanto para las situaciones sin y con proyecto.

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. Para la estimación del costo por deterioro de pavimentos, tanto en las situaciones sin y con proyecto, se aplica la siguiente ecuación:

$$Cd = \sum_{i=1}^n \left(\Omega_i^{np} \times S_i^{np} \times Cr^{np} + \Omega_i^p \times S_i^p \times Cr^p \right) \times \Pi_i$$

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;

Cr^{np} es el costo de reposición de 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;

Cr^p es el costo de reposición de calles pavimentadas;

Π_i es la probabilidad cruzada 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 que son función de la altura de inundación en las calles, se presentan en la Tabla 18. Los antecedentes específicos de la zona en estudio deberán obtenerse de MINVU, SECTRA y DV del MOP, entre otros.

Tabla 18 . 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).

(viii) 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 total al momento de la cosecha, estimado como el promedio ponderado del total de los ingresos por ventas. 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.
- **Infraestructura de Riego Extrapredial:** corresponden a la pérdida de embalses inter-ternos 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.

Alternativamente, estas reducciones de productividad en predios agrícolas puede 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 en todos los sentidos relevantes, presentan los siguientes flujos de beneficios netos:

$BN_1 BN_2, \dots BN_t, \dots$, (el no inundable) y

$BN_1 BN_2, \dots BN_{inunda\ t}, \dots$, (el inundable en el año t ; por efecto de la inundación en el año t su beneficio neto se redujo a $BN_{inunda\ t}$)

Entonces el precio del primer terreno (PI) será:

$PI = VP(BN_1 BN_2, \dots BN_t, \dots)$,

En tanto el del segundo terreno (PII) será:

$PII = VP (BN_1 BN_2, \dots BN_{inunda\ t} \dots BN_{inunda\ [t+r]} \dots BN_{inunda\ [t+s]} \dots)$.

Y como $BN_t > BN_{inunda\ t}$, entonces **$PI > PII$** .

De acuerdo a este análisis el precio del terreno incorpora el efecto de la inundación en la destrucción interna del bien raíz, su efecto en los servicios básicos y en las vías de comunicación, es decir, toma todos los beneficios privados asociados a los terrenos inundados. Estos beneficios privados dependen de la severidad de las inundaciones, pero además incorporan la frecuencia de las mismas ($BN_{inunda\ t}$, $BN_{inunda\ t+r}$, $BN_{inunda\ t+s}$, etc). Sin embargo, lo anterior parte del supuesto que las condiciones climáticas no hayan cambiado y que se disponga de información histórica. Para tomar en cuenta que la información es imperfecta y además tomar los cambios que se han producido en las tecnologías de producción de viviendas y de uso de tierra agrícola, se ha propuesto una metodología de aplicación de precios hedónicos que tiene dos etapas.

- Analizar el impacto de las inundaciones más recientes, medido como el cambio en el precio de terrenos "iguales" pero que han experimentado inundaciones de diferente severidad (S_i) en el pasado reciente (PT_{Si}).
- Calcular la probabilidad de dichas inundaciones con diferente severidad (psi).

El valor de los bienes raíces en la situación SP es igual a $\sum psi * PT_{Si}$, es decir el valor de los terrenos con inundaciones de diferente nivel de severidad PT_{Si} por la probabilidad de que dichas inundaciones sucedan psi . Como este cálculo se hace con el objeto de estimar el beneficio de inundaciones en zonas específicas, entonces basta limitarlo a los terrenos que sufren los efectos de dichas inundaciones pues la situación de los restantes no cambiará. La zona afectada por la inundación que será mejorada por el proyecto de defensas fluviales (denominado "mancha"). Se tiene entonces que la sumatoria se calculará para los terrenos que caen dentro de la mancha de la inundación considerada.

La metodología de precios hedónicos se empleará para calcular los valores de los terrenos agrícolas frente a diferentes niveles de severidad (S_1, S_2, \dots) de las inundaciones recientes, es decir, para calcular:

$PSI = VP(BN_1 BN_2, \dots BN_{inunda\ S_1\ t} \dots)$;

$PSII = VP(BN_1 BN_2, \dots BN_{inunda\ S_2\ t} \dots)$

y así sucesivamente.

Como el cálculo de los PSi puede ser muy largo al incorporar todos los flujos, se calcula el beneficio neto respecto de un patrón de comparación que son los terrenos de iguales características pero que no se han inundado y se calcula el beneficio neto (BN) para la inundación de severidad Si como

$$P_i = VP(BN_1, BN_2, \dots, BN_t, \dots) - P_{Si} = VP(BN_1, BN_2, \dots, BN_{inunda\ Si\ t}, \dots);$$

Es decir,

$$BNS_i = VP(0, \dots, BN_t - BN_{inunda\ Si\ t}, 0, \dots, 0)$$

en que los periodos en el tiempo en que se producen los flujos no negativos $BN_t - BN_{inunda\ Si\ t}$ están determinados por la probabilidad de la inundación de severidad Si. Por lo tanto, en el análisis de precios hedónicos se calcularán los valores BN_t y $BN_{inunda\ Si\ t}$ de terrenos que en una misma inundación se han enfrentado a diferentes niveles de severidad en función de la profundidad de la mancha en que se ubican.

Desde ya, aplicación de este método requiere de información confiable sobre el precio de la tierra. 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 que, en general, se ha podido constatar que si bien presentan una subvaloración en relación a los precios de mercado, sí capturan adecuadamente los precios relativos de los terrenos, al utilizar en el avalúo atributos de un terreno agrícola similares a los que considera que el mercado, entre los cuales está la probabilidad de inundación.

Por último, suele agregarse al modelo el supuesto de que las preferencias de la población no cambien a través del tiempo. Sin embargo este es un supuesto metodológico y por lo tanto no verificable. Es así que es preferible suponer que ellas son estables y que los cambios surgen por diferencias en las restricciones que enfrentan las personas.

(b) Disminución de los Costos Generalizados de Viaje (CGV)

La estimación de este tipo de beneficios se efectúa sobre la base de la siguiente ecuación:

$$\text{Ahorro por Costo Generalizado de Viaje} = CGV^{\text{Sin proyecto}} - CGV^{\text{Con proyecto}}$$

$$CGV = C_c + C_t$$

Donde,

CGV es el costo esperado de viaje;

Ct es el costo anual esperado de tiempo de viaje;

Cc es el costo anual esperado por consumo de combustible; Cc se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$C_c = \left(\frac{L}{\eta} \times P \times F \times \sum_{i=1}^n \Pi_i \times T_i \right) \times E$$

Donde,

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);

Π_i 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;

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 19.

Tabla 19. 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).

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:

$$Ct = \left(t \times N1 \times Vt \sum_{i=1}^n \Pi_i \times T_i \right) \times E$$

Donde,

t es tiempo de viaje;

N1 es el flujo vehicular * tasa de ocupación;

Vt 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, 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;

A su vez el tiempo de viaje, t , se estima como

$$t = \frac{L}{V_i}$$

Donde,

L es la distancia promedio recorrida por los vehículos en el área de inundación (Km);

V_i es la velocidad de circulación durante la inundación (Km./hr) y que se estima como:

$$V_i = C_v \times V_n$$

Donde,

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 20 presenta los valores de C_v en función de la altura de inundación.

Tabla 20. 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

Fuente: Elaboración propia en base a Metodología de Formulación y evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias – MIDEPLAN (2010).

Para efectos de evaluación se sugiere utilizar para el caso de inundaciones superiores a 30 centímetros, el valor de C_v corresponde a inundaciones entre 25 y 30 centímetros.

(c) Beneficio por menor ausentismo laboral

Este beneficio, en términos privados, está capturado por la metodología de precios hedónicos. En principio, no se observan diferencias entre la valoración social y privada, por lo que los precios hedónicos captarían adecuadamente este beneficio.

(d) Beneficio por menores gastos de emergencia y limpieza de vías y sumideros

En este caso 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, ONEMI 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 la Municipalidad, ONEMI, SERVIU, Dirección de Vialidad del MOP u otro organismo relacionado con el tema.

(e) Beneficio por menores enfermedades

Este beneficio se captura a través de la metodología de precios hedónicos. En general los costos privados de enfermedad son menores que los costos sociales, por existir importantes subsidios a través del sistema público de salud. En este sentido, los precios hedónicos estarían captando sólo parte de este beneficio desde el punto de vista social; sin embargo, dadas las dificultades y elevado costo que representa la medición y valoración de este diferencial de beneficio y su escasa significación en el total de beneficios, lo aconsejable es dejarlo en condición de intangible.

(f) Beneficio por menores molestias a las personas

El uso de la metodología de precios hedónicos para estimar los beneficios del proyecto en propiedades residenciales capta buena parte de las molestias que sufren los propietarios de las viviendas en las calles y sectores que sufren los efectos de inundaciones, razón por la cual no debe volver a estimarse, ya que se produciría una duplicación. Las personas que habitan fuera del área de inundación centenaria sufren molestias por circulación en vías pertenecientes al área de inundación, situación captada por los beneficios por la reducción de CGV que origina el proyecto.

(4) Crecimiento de Beneficios

Si bien puede esperarse que los daños crezcan con el tiempo, se supondrá que éstos se incrementan de acuerdo a una determinada tasa de crecimiento (pertinente al proyecto). De la misma manera debe procederse para el resto de los sectores de interés.

b) Costos

Los costos asociados a estos proyectos son básicamente los costos de inversión y los costos de mantenimiento de las obras, los que deben ser estimados para las diferentes alternativas técnicas consideradas como también para los distintos dimensionamientos de las obras de acuerdo 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 para que reflejen el verdadero costo que le significa a la comunidad esta inversión. Este ajuste debe realizarse en acuerdo a los parámetros establecidos en el capítulo de metodología general de formulación y evaluación de proyectos.

c) Evaluación del proyecto

(1) Horizonte de evaluación

El horizonte de evaluación corresponde a los años de vida útil económica del proyecto. Si el horizonte de evaluación es mayor a la vida útil técnica del proyecto, se debe considerar una reinversión en el período que corresponda; de lo contrario, si es menor a la vida útil técnica, se debe considerar un valor residual de la obra.

(2) Indicadores de rentabilidad

Una vez determinados los daños de las situaciones SP y CP se determinan los beneficios anuales por daño evitado esperado de los 30 años de operaciones del embalse. El **Valor de Desecho** del embalse corresponde a los beneficios futuros por daño evitado con los que aún cuenta el embalse al cabo de los 30 años de operaciones, hasta cuando el VR se colmata por los sedimentos acumulados y posteriormente el desagüe de medio fondo es obstruido, impidiendo la evacuación de las aguas.

La conveniencia de ejecutar o no un proyecto puede determinarse comparando los beneficios y costos de cada alternativa de proyecto con los beneficios y costos de la situación elegida como base optimizada. Este análisis permite construir flujos de costos y beneficios diferenciales para cada alternativa en diferentes períodos de tiempo. El VAN (diferencia entre el valor actualizado de los daños esperados y el costo actualizado de la obras para un período de retorno dado) del proyecto debe calcularse de la siguiente forma:

$$VAN^T = \sum_{i=1}^n \frac{DE_i}{(1+r)^i} - \left[I + \sum_{i=1}^n \frac{CC_i}{(1+r)^i} \right]$$

Donde,

VAN^T es el valor actual neto para un período de retorno dado (T);

DE_i son los daños esperados en el período *i*;

I es la inversión;

CC_i es el costo de conservación para el período *i*;

N es el horizonte de evaluación;

R es la tasa de descuento;

Por otra parte, debe evaluarse el beneficio neto por liberación del caudal de riego, que liberado en forma regulada contribuye a sacar parte del sedimento acumulado en el VM, de modo que el VR aumenta su vida útil (y la del proyecto). No obstante, ello implica valorizar los costos de mantenimiento, conservación y limpieza de la sedimentación de los canales.

Asimismo, dada la cantidad de variables que intervienen en el cálculo del excedente agrícola (hidrología aleatoria que determina el agua disponible en el embalse; evaporación mensual; infiltración al acuífero y la demanda de agua de los cultivos) y debe incluirse la posibilidad de que en los primeros meses, los VR puedan ser rellenados más de una vez de cada año, por lo que los beneficios de riego serían mayores.

También es importante señalar que además de las conclusiones que se pueden obtener del indicador de rentabilidad VAN, se debe tomar en consideración todos los beneficios que no fue posible medir, en el momento de tomar la decisión sobre la ejecución del proyecto.

4.8. Metodología de Evaluación de los Efectos del Proyecto en el Turismo

El turismo puede ser un efecto asociado a un proyecto de los recursos hídricos, aunque es poco probable que sea el único objetivo que se persigue, sino más bien un efecto complementario de los propósitos analizados anteriormente. 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 los recursos naturales.
- 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.
-

Los siguientes aspectos son adicionales a los considerados en la metodología general.

iv. Diagnóstico e identificación de alternativas de proyectos turísticos

El diagnóstico del turismo es fundamental para identificar, cuantificar y evaluar los beneficios y costos asociados con este fin. Para ello, se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Recursos turísticos naturales y culturales:** demostrar que la zona de influencia cuenta con características que favorecen el turismo y evaluar si estos recursos se están utilizando actualmente.
- **Infraestructura y servicios turísticos:** evaluar si la zona ofrece y/o puede desarrollar una serie de servicios que aseguren el desarrollo del sector, tales como: disponibilidad de los servicios de transporte (carreteras u otros métodos o medios de acceso), los 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).

- **Información general** sobre condición y capacidad de la infraestructura, ubicación, la historia del lugar, otros.
- **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.

La definición de la situación SP debe considerar todas las medidas 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. Por ejemplo, las campañas de difusión o propaganda son medidas alternativas que pueden afectar considerablemente los flujos de beneficios atribuibles al 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.

Los turistas deben ser clasificados según su origen en dos categorías: **turistas internacionales o extranjeros y turistas nacionales.**

El resultado del diagnóstico es la detección de los problemas y/o dificultades para el desarrollo del turismo en la zona. La identificación de la situación real y precisa permite la definición de las acciones a seguir. Si se espera que entre los objetivos de un proyecto de construcción de una represa sea generar turismo y si hay deterioro en los caminos de acceso al lugar, se debe considerar por ejemplo el costo de reparación vial.

a) Demanda de turismo

La demanda turística involucra a todos los servicios que realmente son necesarios para el turista. Su identificación debe tener en cuenta aspectos como:

- 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).
-

b) Identificación de alternativas

Dado que el proyecto principal se refiere a la construcción de obras hidráulicas, los efectos del turismo serán derivados. Atento a ello, inicialmente deberán plantearse las principales alternativas potenciales de la zona, dejando para

etapas más maduras del ciclo de vida del proyecto el análisis más completo y sofisticado de las alternativas.

v. **Beneficios netos asociados con el propósito de turismo**

Los beneficiarios directos del turismo corresponden a los siguientes:

- **Turismo normal:** se refiere a los turistas que visitan frecuentemente la zona (turistas ya existentes).
- **Turismo transferido y/o generado:** se refiere a los turistas que por el proyecto comenzarán a visitar la zona (turistas atraídos por el proyecto, tanto nuevos como transferidos desde otras áreas).
- **Proveedores de servicios turísticos:** propietarios de hoteles, restaurantes y cualquier otro servicio recreativo.
-

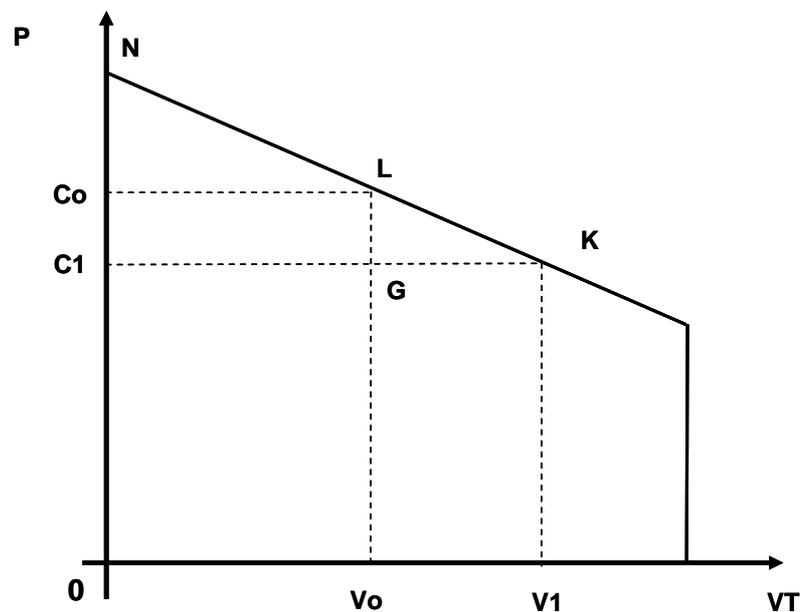
d) Efectos asociados con los turistas

Para evaluar los beneficios, entre los turistas existentes y los turistas atraídos se debe distinguir dos subgrupos: los turistas nacionales y turistas extranjeros.

(1) Turismo normal nacional

La Figura 48 resume los resultados del mercado del turismo normal en detalle lo que sucede con estos turistas, el cual representa la curva de demanda de los servicios turísticos. La estadía (V) se define como el número de días que utilizan estos servicios en un período determinado.

Figura 48. Demanda por servicios domésticos



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

La curva de demanda (D) refleja el beneficio marginal de la utilización de los servicios privados de turismo.

Los costos marginales de la utilización de los servicios privados son iguales a C y representan los pagos de hoteles, gastos de viaje, etc.

Los costos sociales de estos conceptos pueden ser diferentes de los costos privados, debido a los impuestos (combustibles e IVA por ejemplo).

En la situación SP el número de días de estancia es V_0 , a un costo equivalente al C_0 . Entonces, cualquier aumento en la cantidad demandada obedecerá a disminuciones del costo marginal que enfrenta el turista, por ejemplo a través de la disminución generalizada en los costos de viaje por mejoras de infraestructura vial que obedecen exclusivamente al proyecto; es decir, que no se hubieran hecho en ausencia del proyecto.

Si el costo se reduce a C_1 , los efectos del proyecto en el turismo corresponden a:

- **Beneficio por mayor consumo de V_0 a V_1 .** El aumento de la satisfacción es igual al área bajo la curva de demanda, V_0LKV_1 .
- **Beneficio neto por disminución de los costos fijos** que son resultado del proyecto; igual al área C_0LGC_1 .
- **Costo por aumento de uso de insumos** del proveedor y **tiempo** de los turistas, igual al área V_0GKV_1 .
-

(2) Turismo generado y transferido nacional

Los turistas nacionales sienten por la zona del proyecto deben asumir los gastos de viaje, los costos de alojamiento y estancia en el lugar y el tiempo destinado a la visita al lugar (costo de oportunidad del mismo).

Si el costo marginal C_1 es relevante para estos turistas, su beneficio sería igual al área C_1WK de la figura anterior. Luego, para obtener el beneficio neto se debe descontar el costo fijo atribuible.

(3) Turismo normal, generado y transferido extranjero

En relación a la estimación de beneficios potenciales debe analizarse cuidadosamente el problema. De esta forma, los **beneficios netos** por estos concepto corresponden a los *ingresos por divisas*, menos los *costos de producción de los servicios*, más el *beneficio neto por diferencias de recaudación impositiva*; este último corresponde a la diferencia entre los mayores impuestos recaudados (por ejemplo por IVA de bienes como combustible, alimentación y otros) y la menor recaudación de IVA por servicios de alojamiento y todos aquellos servicios que permiten la devolución del IVA a turistas extranjeros.

(4) Beneficios en términos de los costos de viaje

Alternativamente, los beneficios de un proyecto de turismo (o cualquiera de recreación en estricto rigor) puede medirse a través del **método de costos de viaje**. En tal caso, si los costos de viaje a los sitios recreacionales varían ampliamente entre los consumidores, y si esos consumidores responden a altos costos de viaje de la misma forma que la que ellos responden a las tarifas de

entrada, el analista puede derivar un sistema de demanda por recreación por los sitios sobre la base de los 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 específica³⁴.

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.

e) Efectos asociados a los proveedores de los servicios turísticos

Como resultado de la ejecución del proyecto, los hoteles y otros prestadores de servicios turísticos recibirán beneficios por aumento de los ingresos por mayor número de plazas ocupadas y costos adicionales para el suministro de los bienes y servicios; por ejemplo, inversiones que deben realizar, el aumento de los gastos de operación y otros. En la Tabla 21 se resumen los costos y beneficios para turistas nacionales.

³⁴ Young (1996) plantea la siguiente interrogante: ¿Qué 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.

Tabla 21. Beneficios y Costos atribuibles al propósito del turismo

Agentes	Beneficios	Costos
Turistas nacionales	Beneficio adicional obtenido por turistas nacionales derivado del atractivo de visitar un lugar de mejor omás fácil acceso	Costo adicional por concepto de viajes, tiempo, pago servicios, etc.
Prestadores servicios turísticos nacionales	Incremento beneficios provenientes de prestación de más y mejores servicios	Inversiones
		Incrementos em costos operación y mantenioció asociados a prestación de servicios

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

La consideración de todos los afectados (los turistas y los agentes relacionados con el turismo) requiere que las transferencias entre los turistas nacionales no se consideren. En este caso, los traspasos tienen lugar entre los turistas nacionales (los turistas nacionales y hoteles, por ejemplo) en parte debido a los aumentos en los ingresos de los proveedores de servicios para compensar y en parte por los aumentos en el costo de los turistas nacionales.

Cabe señalar que la otra parte de los incrementos de ingresos para los proveedores no coinciden con los pagos efectuados por los turistas extranjeros. Esto implica que todos los costos y beneficios relevantes se reducen a:

- Beneficio obtenido por los turistas nacionales (tanto los que visitan el lugar, así como quienes se sienten atraídos por el proyecto) procedentes de visitar un lugar atractivo con más o mejores beneficios.
- Costo de viaje y tiempo observado por los turistas nacionales (no confundir con la alternativa de medición de beneficios a través del método de los costos).
- Beneficio neto por aumento de ingresos provenientes de turistas extranjeros (que son una fuente de divisas). El valor social de la divisa resulta de multiplicar la cantidad de moneda extranjera que entra por el tipo de cambio social.
- Aumento en costos de inversión y operación de suministrar un mayor nivel de servicios.

Si los precios privados no son el fiel reflejo de los sociales, será necesario hacer correcciones cuando se ejecute la evaluación social.

vi. **Costos directos asociados con el propósito de turismo**

Hasta aquí sólo se han considerado los costos atribuibles a los efectos del turismo, tales como los costes de inversión y operación incrementales que experimentan los proveedores del servicio. A estos gastos hay que agregar todos aquéllos costos

sociales que el proyecto podría causar, como es el caso de la reparación y/o construcción de vías o caminos de acceso al lugar, entre otros.

4.9. Metodología de Valorización de los Recursos Hídricos como Bien Público (Ambiental)

Las represas o embalses han contribuido de un modo importante y significativo al desarrollo humano y productivo del país. Los efectos positivos de los embalses se han descrito y reconocido respecto del aumento en los servicios de hidroelectricidad, riego, suministro de agua, y control de inundaciones principalmente. Entre otros beneficios a nivel macro, se mencionan el impacto de la prosperidad económica en una región, debido a las nuevas cosechas múltiples, la electrificación rural y la expansión de infraestructuras físicas y sociales como carreteras y escuelas.

Sin embargo, para obtener estos beneficios se ha pagado un precio, frecuentemente innecesario, en términos sociales y ambientales. Los efectos negativos están relacionados con el impacto que tendrá la represa sobre el curso del río; con los derechos de acceso al agua y a los recursos del río; con la posibilidad de que el embalse desarraigue los asentamientos existentes, afecte la cultura y los medios de subsistencia de las comunidades locales, y reduzca o degrade los recursos ambientales; y también con la cuestión de si la represa representa la mejor inversión económica de fondos y recursos públicos.

Una revisión sectorial de los resultados técnicos, financieros y económicos de las represas comparando los resultados originalmente esperados y los realmente alcanzados:

- Las grandes obras para suministrar servicios de riego generalmente no han alcanzado sus objetivos físicos; no recuperaron los costos y su rentabilidad en términos económicos ha sido menor que la inicialmente prevista.
- Las grandes represas construidas para abastecer de agua a industrias y municipios generalmente no alcanzan los objetivos previstos en cuanto a las fechas y volúmenes de suministro de agua; y exhiben pobres desempeños económicos y financieros.
- Las grandes represas de objetivos múltiples tampoco llegan a alcanzarlos, y en algunos casos presentan rendimientos inferiores a las represas de un solo propósito, lo que muestra que los objetivos iniciales son con frecuencia demasiado optimistas.

La revisión de resultados sugiere dos conclusiones adicionales: las grandes represas consideradas mostraron una marcada tendencia a sufrir retrasos en la ejecución y sobrecosto significativos.

i. Efectos de los embalses sobre los ecosistemas

Los impactos que tienen las grandes represas sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los medios de subsistencia río abajo hoy son ampliamente reconocidos:

- La pérdida de bosques y de hábitats naturales, de poblaciones de especies, y la degradación de las cuencas río arriba debido a la inundación de la zona de los embalses.
- La pérdida de la biodiversidad acuática, de la pesquerías río arriba y abajo, y de los servicios brindados por las planicies de inundación río abajo, por los humedales, y por los ecosistemas de las iberas, y estuarios adyacentes.
- Impactos acumulativos en la calidad del agua, en las inundaciones naturales y en la composición de las especies, cuando en el mismo río se construyen arías represas.
- Costos inter-temporales de consumir hoy versus hacerlo en el futuro (implicancias intergeneracionales)

Asimismo, no es posible mitigar muchos de los impactos causados en los ecosistemas y en la biodiversidad por la creación de embalses, y los esfuerzos realizados para "rescatar" la fauna y flora han tenido, a largo plazo, poco éxito.

Una buena mitigación es el resultado de una buena base de información, cooperación temprana entre los ecólogos, el equipo de diseño de la represa y las personas afectadas, y el control y la información asidua respecto a la eficacia de las medidas de mitigación.

Requerimientos de descargas ambientales (incluyendo descargas para provocar inundaciones controladas) son crecientemente utilizados para reducir los impactos de los cambios en el flujo de agua río abajo, en los ecosistemas acuáticos y costeros y en las planicies de inundación.

ii. **Efectos socioeconómicos de los embalses**

En términos de los impactos sociales de las represas, con frecuencia los efectos negativos no se valoran ni se toman en cuenta adecuadamente. Existe una gran variedad de impactos que abarcan las vidas, los medios de subsistencia y la salud de las comunidades que dependen de los ambientes costeros afectados por las represas.

En síntesis, la rentabilidad económica real de los proyectos de embalses es difícil de establecer ya que no se consideran adecuadamente los costes ambientales y sociales en términos económicos.

Más concretamente, al no considerarse adecuadamente estos impactos, ni cumplirse los compromisos adquiridos, se ha producido el empobrecimiento y disminución del bienestar de parte de la población afectada.

Los mercados pueden ser un medio muy efectivo para la asignación de bienes y servicios y para el alivio de la escasez. Sin embargo, el modelo no es aplicable a algunos bienes y servicios. Como una consecuencia de lo anterior, la escasez aumenta sin generar las respuestas de conservación necesarias.

En determinadas oportunidades, el agua, como recurso natural queda fuera del mercado, por fallas de éste. Entre ellas, las siguientes.

- Propiedad insegura de, o libre acceso a, los recursos: Reduce el incentivo para invertir en el mantenimiento de los recursos.
- Externalidades: Cuando un productor puede trasladar los efectos de la contaminación hacia otro agente, hay poco incentivo para limitar la actividad contaminante.
- Incertidumbre: El conocimiento de muchos procesos ecológicos y de los impactos humanos sobre los mismos es muy pobre y puede no ser nunca confiable.
- Miopía: Los agentes individuales pueden tener horizontes temporales más cortos que los de la sociedad y perseguir actividades cuyos retornos son mayores en el corto plazo pero menores en el largo plazo si se las compara con alternativas más sostenibles.
- Irreversibilidad: Algunos tipos de daños ecológicos son irreversibles, pero muchos procesos de toma de decisiones subestiman la pérdida de opciones resultante de una decisión.

No obstante, el mercado no es el único responsable de los fallos; los gobiernos impiden a menudo que los mercados funcionen en situaciones en donde serían eficaces.

- Impuestos y subsidios que impiden que las variaciones de los precios sean un reflejo de la escasez,
- Acciones pobremente concebidas que exacerban los problemas e
- Intervenciones institucionales de cualquier tipo que contienen incentivos contraproducentes para el desempeño ambiental.
- Los subsidios a la producción agrícola alientan la conversión del bosque en área de cultivo.
- Los pescadores reciben subsidios y créditos para la adquisición de embarcaciones y equipos sin pensarse en los efectos del agotamiento de las poblaciones de peces.
- Grandes inversiones en infraestructura son con frecuencia realizadas sin una evaluación apropiada de su impacto ambiental.

El resultado es una estructura de incentivos que induce a las personas a maximizar sus ganancias no gracias a la mayor eficiencia e innovación sino a través de la apropiación de los recursos de otras personas y trasladando sus propios costos a otros (Panayotou, 1990)

Una de las causas de tal uso ineficiente de un recurso crucial como es el agua sería el factor asociado a que los precios cobrados por los administradores son a menudo una fracción del costo del servicio. Así, la escasez de agua se agrava al alentar el uso excesivo y no estimular la conservación. Asimismo, hace peligrar la sostenibilidad a largo plazo de las comunidades y sus formas de vida, que dependen de un suministro de agua que no puede ser garantizado en el largo plazo.

La aplicación de la economía ambiental para evaluar el costo total del suministro de agua, incluyendo el efecto de la extracción del agua sobre el medio ambiente, se podría cobrar precios que cubrieran plenamente los costos.

Los precios más altos desalentarían el desperdicio y ofrecerían incentivos para el desarrollo de tecnologías de conservación del agua. Los ingresos podrían ser usados para mantener la infraestructura del agua. Los subsidios gubernamentales podrían ayudar a los verdaderamente necesitados sin crear efectos colaterales dañinos sobre el medio ambiente.

La noción de valor usada por los economistas es bastante directa. El valor puede medirse por la cantidad de un bien que las personas están dispuestas a entregar para obtener otro bien. La manera más simple de expresar esto es en términos monetarios, o sea, cuánto está una persona dispuesta a pagar por algo.

Esta es una visión limitada, que no pretende expresar valores intrínsecos o valores para otras especies. (Por supuesto, el conocimiento de que otras especies se benefician de un bosque o un arrecife de coral puede en sí mismo ser valioso para las personas.) Pero es, al mismo tiempo, una limitación y una ventaja práctica. Poder expresar el valor del medio ambiente en términos monetarios es de ayuda en las transacciones difíciles, particularmente entre bienes ambientales y no ambientales.

En correspondencia con el principio quien contamina paga, quienes ostentan la titularidad del servicio de abastecimiento de agua potable debieran tener en cuenta la recuperación de los costes relacionados con el recurso hídrico, incluidos los medioambientales.

Asumiendo la necesidad de calcular el coste del agua de suministro, el cual se configura como un claro objetivo de cálculo en estas empresas, si se tienen en cuenta las distintas actividades productivas y de la gestión del recurso, es posible definir otros posibles objetivos de cálculo de costes relevantes, como son:

- Coste de agua potabilizada,
- coste de agua desalada,
- coste de agua de suministro,
- coste de agua depurada,
- coste de ventas, coste de administración general y dirección,
- coste de prevención, reparación y minimización de daños medioambientales,
- coste de recursos naturales adquiridos,
- valor de pérdidas medioambientales,
- valor de previsiones de daños medioambientales,
- valor de contingencias medioambientales y
- valor de externalidades.

En dicha metodología, se debe considerar que en el ciclo de explotación de estas empresas hay que distinguir dos grupos de funciones básicas: transformación y distribución

Asimismo, la adecuada localización de las distintas partidas de coste a considerar, sean o no medioambientales, mediante la discriminación en los centros, cuando proceda, de las acumulaciones de coste: costes medioambientales, costes no medioambientales, pérdidas medioambientales asignables al centro, provisiones de desembolsos por causas medioambientales asignables al centro, provisiones medioambientales contingentes asignables al centro y valor de externalidades asignables al centro, el coste de explotación del agua desalada con la correspondiente distinción de los costes medioambientales y no medioambientales, así como del coste incurrido para la prevención, reparación y minimización de daños medioambientales, del valor de las pérdidas medioambientales, provisiones de daños por causas medioambientales, contingencias medioambientales y externalidades.

Finalmente, es necesario que además del cálculo del coste del agua de provisión en general y del agua desalada en particular, se ha de suministrar información oportuna y relevante sobre el valor de los daños o consecuencias medioambientales, reales o estimados, hayan sido internalizados o no, que se han generado en la obtención de los diversos bienes y servicios de las empresas de abastecimiento de agua.

La función de transformación engloba los siguientes procesos:

Captación

Potabilización

Desalación

Depuración

Realización de análisis químicos

a) Actividades de mantenimiento y reparación

Por su parte, la función de distribución comienza una vez obtenida el agua de abasto, para distribuirla a los consumidores desde los depósitos en los que se encuentra almacenada. Esta función constituye una actividad productiva básica de este tipo de empresas, hasta el punto de que puede darse el caso de que concreten su actividad sólo en la adquisición y distribución del recurso hídrico a la población.

Los economistas ambientales han desarrollado diversas técnicas para desentrañar estos valores. Estudio del comportamiento de variables económicas considerando todas las interacciones entre esas variables y el resto de la economía. El propósito es evaluar no sólo los impactos inmediatos del cambio en la economía sino también los efectos indirectos y de más largo plazo. Estos pueden suceder en sectores diferentes de aquellos en los cuales tuvo lugar el cambio original.

Los recursos naturales tienen valor o proporcionan beneficios siempre y cuando los usuarios estén dispuestos a pagar por él en vez de cuando no tienen que hacerlo, esto es cuando el recurso es escaso.

Así, una operación efectiva de mercado resulta en un conjunto de valores de mercado o precios, el cual sirve para reasignar los recursos y los bienes de manera consistente con los objetivos de los productores y consumidores.

En caso contrario, cuando los mercados no están presentes o no operan efectivamente, la evaluación económica de las decisiones de reasignación de los recursos requiere encontrar algunos medios de estimación del valor de los recursos. En ese caso, el valor del recurso es medido en el contexto de un objetivo específico o un conjunto de objetivos. Luego, el valor de los recursos refleja su contribución a esos objetivos. En el caso de los recursos hídricos, los gobiernos han identificado algunos objetivos que pueden ser relevantes como son la promoción del desarrollo económico del país, del desarrollo económico regional, de una mejor calidad ambiental o de una mejora nivel de vida de su población.

4.10. Métodos Alternativos para la Medición de Beneficios de los Proyectos de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas: Modelos Empíricos de Valor, Costos Alternativos, Desalación

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**, entendiendo como tal el de la actividad productiva que utilice el agua de la forma menos rentable. Ello requiere establecer el valor de los usos del recurso en todas las alternativas posibles, utilizando los anteriores métodos.

A los fines anteriores, no deben confundirse los conceptos de *valor medio (VMe)* y *valor marginal (VMg)* del agua; los primeros son utilizados generalmente en el proceso de presupuesto financiero, mientras que el VMg es relevante en la determinación de las condiciones de optimalidad, más útiles en los estudios de asignación de agua³⁵. Expuesto de otro modo, un elevado VMe del agua en un determinado uso no implica necesariamente un elevado VMg, por lo que valores medios nunca deben utilizarse para justificar cambios o reasignaciones en los usos del agua.

La elección del método a utilizar para valorar el agua esará determinada por varios factores, entre ellos, las características del uso del agua a valorar y especialmente, por la disponibilidad de información. Si bien los métodos presentados en capítulos anteriores son válidos para la estimación del *valor del agua*, requieren datos técnicos y económicos que eventualmente pueden ser de escasa disponibilidad, complejo procesamiento 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.

i. Valoración de los recursos hídricos

En general, si bien los recursos hídricos suelen ser asociados a consideraciones medio-ambientales, la valoración del agua obtenida de ellos no ha implicado mayor complejidad, haciendo abstracción del aporte mismo a la belleza escénica u otros atributos relacionados al ecosistema.

Diferentes estudios plantean que si se definen claramente los derechos de propiedad, la autoridad puede intervenir de manera tangencial para garantizar

³⁵ Ferriero (1994).

la inagotabilidad de los recursos. Un modelo sencillo de extracción sostenible, propuesto por Provencher (1993) que incluye una ecuación de movimiento del tipo:

$$\dot{x}(t) = r - M(u(t))$$

Donde

M es el número de firmas idénticas que utilizan el acuífero;

r es la recarga del sistema.

El respeto de la regla establecida en el modelo asegura la sustentabilidad del sistema de aprovechamiento del acuífero.

a) Modelos empíricos para la determinación del valor de los recursos hídricos: costos de extracción y la renta por escasez " ϕ "

Se puede encontrar el valor óptimo de un recurso a partir de la estimación del VMg de un bien, el cual debe ser igual a su precio, específicamente en el caso de los recursos naturales. De esta forma, para cualquier fuente de provisión, el precio estará determinado como:

$$P = CMgE + \phi$$

Donde:

CMgE es el costo marginal de extracción o explotación;

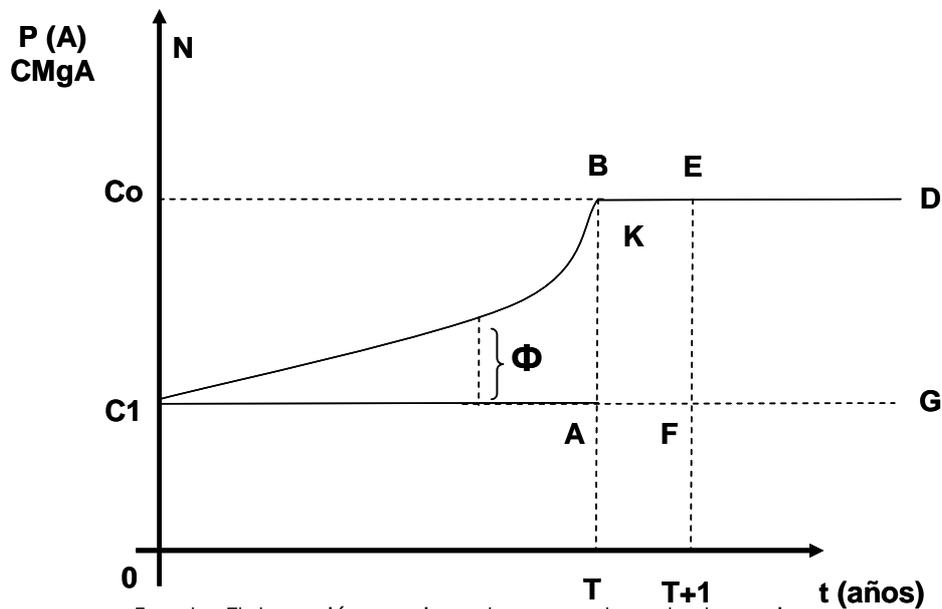
ϕ es la la renta por escasez de la unidad marginal de la utilización del stock disponible;

La Figura 49 presenta la trayectoria de precios eficientes, cuando CMgE es constante.

Si p y CMgE son conocidos (el caso en la mayoría de los recursos naturales), se puede determinar fácilmente Φ como un residuo; pero en ausencia de precios, Φ debe estimarse indirectamente. Para un nivel dado de extracción existe un costo marginal $C1$, pero nuevas nuevas extracciones (inversiones) harán que el costo suba a $C2$ en el futuro. Expuesto de otra forma, aumentar hoy el consumo en una unidad adicional disminuye el consumo futuro en el equivalente al valor presente de esa unidad extra. Así, la renta de escasez puede estimarse como la depreciación, en el valor presente, de los costos futuros de una nueva inversión en el período T .

El área del rectángulo ABGD representa el incremento total de costos de una nueva inversión en el período T , correspondiente además a un área infinita pero de valor presente finito.

Figura 49. Trayectoria de precios eficientes, CMgE constante



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

Si el usuario puede retrasar T, por ejemplo en un año, entonces la magnitud del decrecimiento en los costos se muestra como ABEF. Luego en valor presente esta corresponde a:

$$\Phi_t = \frac{\Delta V_t}{\Delta T}$$

Donde:

ΔV_t es el valor presente, en el tiempo t, de un incremento en los costos futuros (ABEF).

La función de costos para los tramos C1A y BD está dada por:

$$C_t = \begin{cases} C_1, t \leq T \\ C_2, t > T \end{cases}$$

Para obtener una expresión para V, deben descontarse los costos a la tasa r, es decir:

$$PC_t = \int_t^{\infty} C_t e^{-r(\tau-t)} d\tau$$

Además, dado que los costos de C1 no son pertinentes al incremento de costos por efecto de una nueva inversión, entonces:

$$V_t = \int_t^{\infty} C_t e^{-r(\tau-t)} d\tau - \int_t^{\infty} C_1 e^{-r(\tau-t)} d\tau$$

Sustituyendo la ecuación de costos en la anterior y desarrollando las integrales en los subintervalos $[t, T]$ y $[T, \infty]$ entonces:

$$V_t = \int_t^{\infty} (C_2 - C_1)e^{-r(\tau-t)} d\tau = \frac{C_2 - C_1}{re^{r(t-t)}}$$

De esta forma, V_t representa el flujo de costos anticipados a partir del tiempo T y que continúan indefinidamente. Luego, a través de la ecuación Φ se obtiene el valor de ésta y que representa la renta de escasez del recurso:

$$\frac{dV_t}{dT} = -\frac{C_2 - C_1}{e^{r(t-t)}}$$

b) Modelos empíricos para la determinación del valor de los recursos hídricos: costos alternativos

El método del costo alternativo (MCA) es utilizado frecuentemente para la valoración del agua en usos no agrícolas, ya que permite valorar el recurso 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 público bajo consideración.

Por ejemplo, cuando se comprueba la existencia del déficit de agua en una cuenca, la Situación SP puede estimarse como la alternativa de satisfacer el déficit de la forma menos costosa entre, por ejemplo una planta desaladora o un proyecto de trasvasije de aguas desde una cuenca superavitaria cercana. 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 test del costo alternativo es otra aplicación del análisis de los flujos de caja descontados. 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. En el caso de los recursos hídricos, el método del costo alternativo ha sido empleado para la evaluación de muchos tipos de beneficios, incluidos los de agua potable, industriales, e hidroeléctricos, entre otros.

Asimismo, si se realizan valoraciones que estiman la productividad marginal o media del agua y se extrapola dicho productividad al valor económico del recurso, deben explicitarse dos supuestos: i) la tarifa que se paga por el agua no es volumétrica (lo cual es frecuente); ii) el costo de aplicación del agua no

depende de la cantidad de agua aplicada. Por lo tanto, al asumir la productividad como valor del agua se está sobre-estimando el uso del recurso.

Una función de producción macroeconómica que relaciona producto total y agua puede escribirse de la siguiente forma:

$$\text{Log } Y_t = 0.021 t + 0.74 K_{t-2} + 0.75 S_t + 0.32 A_t; (R^2 = 0.96; t=1981-1997)$$

Donde:

Y_t representa el Valor Añadido Bruto agrícola medido en millones de moneda nacional;

t es el año, 2001 =1, 2002=2,...;

K_{t-2} , es el valor del stock de capital productivo instalado en el año $t-2$;

S_t representa la superficie regada en hectáreas en la región;

A_t representa el volumen de agua consumido en cada año, medido en Hm³.

A partir de la ecuación se puede obtener una medida de elasticidad del producto bruto del agua respecto del volumen de agua usada para regar (estimada en este caso en 0,33). Es decir, que un incremento del 1% del volumen de agua empleada para el riego daría lugar a un incremento del producto bruto de la actividad del riego en un 0,33%.

En este modelo, el concepto de precio del agua se entiende como la compensación monetaria asociada a un intercambio de agua; es decir, el valor de intercambio del agua)³⁶. Por lo tanto, para un agricultor existirán dos costos financieros derivados del uso del agua: i) el costo de aplicación del agua y ii) la tarifa o precio institucional o de administración del agua.

Cuando se establece que el precio del agua es de cierto monto, 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.

³⁶ Un precio es el derivado de un intercambio entre un comprador y un vendedor. Una tarifa es un precio público, establecido por una institución, pública o privada, que presta un servicio. En sentido estricto, no debe emplearse la palabra 'precio' para referir lo que paga el regante por emplear el agua. En todo caso, la literatura habla de 'precios administrados' refiriéndose más bien a las tasas, tarifas, cánones o exacciones que han de sufragarse para poder ejercer el derecho de aprovechamiento del agua.

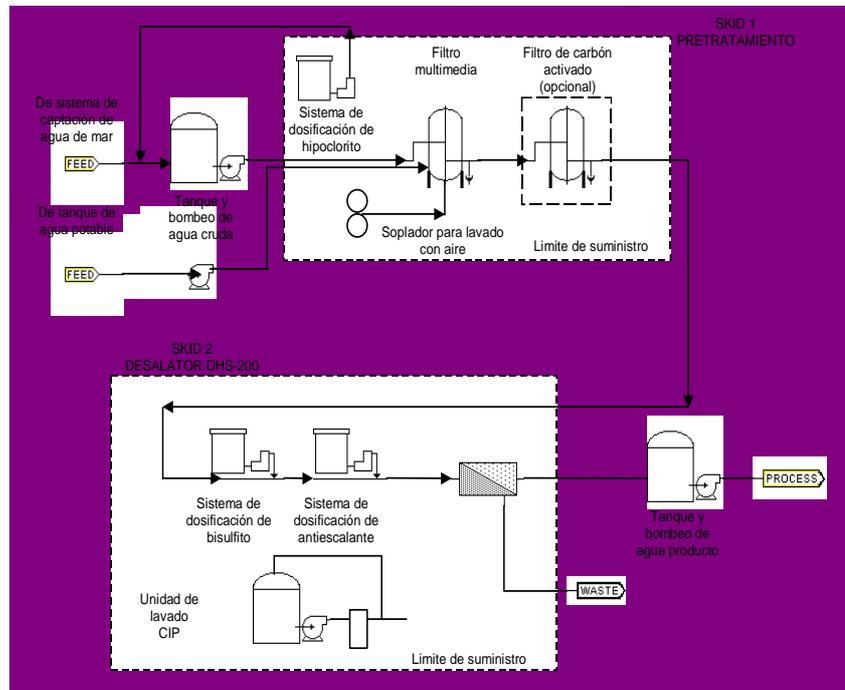
ii. Desalación de agua de mar

Las grandes reservas de agua de mar y aguas salobres, al mismo tiempo que la escasez de agua dulce, han obligado a tomar en consideración las posibilidades del tratamiento de las aguas marinas.

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, del hombre (agua potable), usos domésticos y utilización industrial^{37,38}.

Chile dispone de una planta de desalación ubicada en la Región de Tarapacá y que utiliza tecnología de ósmosis inversa para la obtención de "agua dulce" a través de un procedimiento que utiliza energía eléctrica y de bajo costo de implementación y con impactos ambientales relativamente bajos. La Figura 50 presenta un proceso de desalinización de agua de mar.

Figura 50. Proceso de desalinización de agua de mar por ósmosis inversa



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

³⁷ 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.

³⁸ 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.

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).

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)³⁹. 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.

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:

- Electrodialisis: 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.
- 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.

a) 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 process de osmosis natural, la que

³⁹ Universidad de Alicante, 2005.

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.

b) 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:

$$\mathbf{EL\ pvel - KEL = 0}$$

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:

$$\mathbf{ADTV\ pvd\!t - KDTV - O\!CDTV = 0}$$

Donde:

Pvd\!t es el precio de venta unitario del agua destilada vendida;

KDTV es el costo total de explotación del agua destilada vendida;

O\!CDTV 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:

$$\mathbf{O\!CDTV = 0}$$

y dado que:

$$\mathbf{KDTV = ADTV\ k\ dt}$$

Se obtiene:

$$\mathbf{kdt = pvd\!t}$$

Sustituyendo:

$$\mathbf{KDES = ADTV\ pvd\!t + EL\ pvel + ADES\ kdes}$$

Por lo cual el costo del producto principal (agua desalada: Kds) estará dado por:

$$\mathbf{Kds = ADES\ kdes = KDES - ADTV\ pvd\!t - EL\ pvel}$$

Si bien no es habitual que se generen costos con posterioridad a la obtención de la electricidad, se entendies que, de no ser así, el precio de venta debe cubrir la totalidad de costos asociados al subproducto, tanto para s su obtención como para su comercialización.

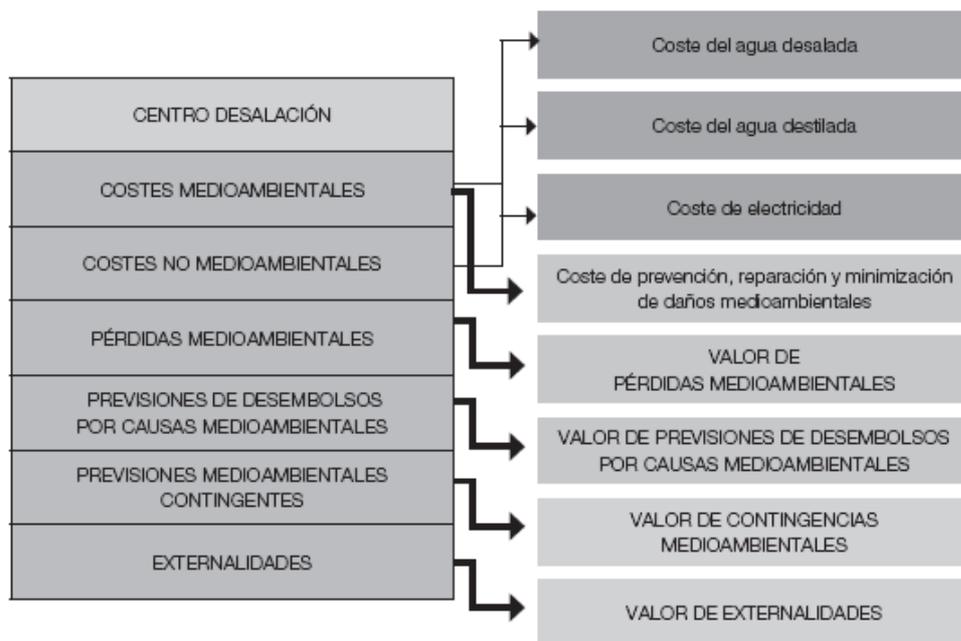
c) Evaluación socio-económica de proyectos de desalación

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.

La Figura 51 presenta el esquema de análisis de costos sociales asociados al proyecto de instalación de una planta desalinizadora de agua.

Figura 51. Esquema de análisis de costos sociales en proyectos de desalación



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

d) Efectos de los proyectos de desalinización de agua

En general, por los actualmente altos costos de desalación, es una alternativa para la producción de agua potable o agua para la minería. En este sentido, sus beneficios directos estarán dados por los indicados para este tipo de proyecto:

aumento en la disponibilidad de agua potable y sus efectos indirectos y externalidades positivas (aumento de la calidad de vida y salud de la población y/o disminución de enfermedades).

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. En este sentido, debe considerarse que las instalaciones desalinizadoras de agua de mar, como cualquier infraestructura, producen diferentes impactos sobre el medio en el que se localizan, por lo que deben incorporar las correspondientes medidas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos generados por el proyecto.

e) Consideraciones finales en relación a los proyectos de desalación

Si bien las plantas desaladoras son una alternativa sumamente válida para aumentar los recursos hídricos en una cuenca, actualmente son opciones de alto costo, por lo cual sólo son rentables para su uso en la producción de agua potable.

En relación a iniciativas alternativas, tales como los proyectos de trasvasijos 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).

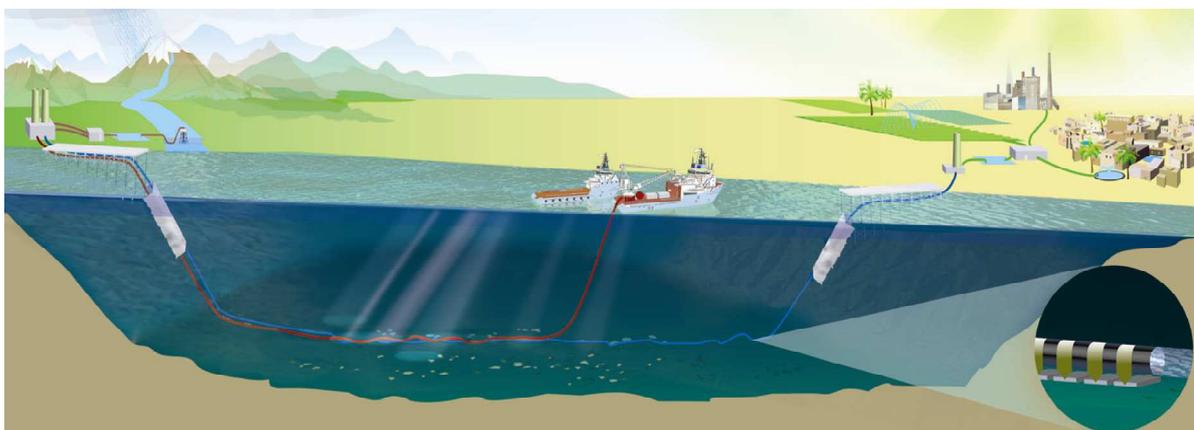
iii. Trasvasije de aguas entre cuencas

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. 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.

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. La experiencia europea muestra que el trasvasije de aguas entre una cuenca y otra, es competitiva con las plantas de desalación en distancias inferiores a 200

kms. La Figura 52 presenta un ejemplo de las soluciones de trasvasije entre cuencas (submariver).

Figura 52. Esquema de trasvasije – ejemplo de Sibmariver



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

a) Efectos de los proyectos de trasvasijes inter-cuencas

Los trasvasijes 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.

b) Consideraciones finales en relación a los proyectos de trasvasije

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.

iv. Consideraciones finales

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. En ese sentido, se entiende que, en ausencia de externalidades, la existencia de un mercado del agua permite alinear los incentivos de los agentes económicos hacia un uso racional del recurso y promueve las transacciones entre usuarios con diferente valoración del recurso.

Por otra parte, el tamaño óptimo del proyecto (de desalación o trasvasije de cuencas) estará determinado por el déficit de agua proyectado y el momento óptimo debe ser estimado a partir del año en que se produce el déficit de agua en la cuenca.

4.11. Metodología de Priorización de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas

La priorización de proyectos es relevante cuando la agencia encargada de la ejecución de los proyectos no dispone de los recursos suficientes para ejecutar todos los proyectos que son convenientes desde el punto de vista social. En este caso, se impone el desafío de seleccionar aquellos proyectos que maximicen el bienestar social con los recursos disponibles.

i. Sin racionamiento de capitales

Cuando **no existe racionamiento de capitales** y los **proyectos son independientes**, deben aceptarse todos los proyectos que tienen **VAN mayor** que cero, 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 VAN**, 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 VAN de A, el VAN de B y el VAN de A+B y decidir entre los 3, áquel que tenga mayor VAN.

ii. Con racionamiento de capitales

Cuando existe racionamiento de capitales, el formulador dispone de un presupuesto fijo, que debe asignar entre diferentes proyectos sustitutos y complementarios. Bajo el supuesto que **los proyectos pudieran venderse**, el presupuesto se maximiza estimando el **IVAN**, es decir la razón VAN / VA_{lo} (en caso que los proyectos pudieran venderse el mayor valor de los fondos disponibles se obtiene a partir de la máxima diferencia entre el precio de mercado y el costo de inversión; ello equivale a descontar los proyectos a la tasa de descuento de mercado. Ordenando los proyectos de acuerdo al IVAN, de menor a mayor, se agota el presupuesto, maximizando el valor del mismo.

No obstante, la restricción presupuestaria podrá ser de corto plazo (uno o dos años, por ejemplo), por lo cual el criterio relevante es la **tasa inputada de retorno** ($\square i$). Ésta equivale a la TIR del primero año del proyecto suponiendo que al cabo de algunos períodos la restricción presupuestaria será levantada.

$$VAN = I_0 + \frac{BN_1}{[1 + r^*]^1} + \sum_{i=2}^n \frac{BN_i}{[1 + r^*]^i}$$

Donde:

r^* es la tasa imputada de retorno del primer año (período con restricciones de capitales)

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

Precisamente, este es el argumento que resta aplicabilidad a la TIR como criterio de priorización, ya que esta última supone que los fondos podrán reinvertirse permanentemente a la misma tasa y sólo será válido como criterio cuando la tasa alternativa de descuento de los flujos permanezca inmodificable en el tiempo (situación escasamente probable en la práctica). 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).

Por lo expuesto, la regla recomendada consiste en calcular la tasa interna imputada de retorno para el primer año de vida útil del proyecto y ordenar los proyectos en forma decreciente de acuerdo a esta hasta agotar el presupuesto. No obstante, la regla no será válida si no se agota exactamente el presupuesto.

Asimismo, existe también probabilidad positiva de que los fondos sean escasos también en el año 2, o 3 o 4 de vida útil del proyecto. En este caso, deberá también estimarse – hoy – la tasa imputada de retorno del año 2, 3 o 4 o sucesivamente, según sea el caso y proceder como en el ejemplo anterior.

iii. Consideraciones finales

En ausencia de racionamiento de capitales, los proyectos deben ordenarse de mayor a menor de acuerdo al VAN, tanto cuando se trate de proyectos independientes como inter-dependientes.

Sin embargo, en situación de racionamiento de capitales, la cartera presupuestaria puede maximizarse ordenando los proyectos de acuerdo al IVAN y hasta agotar exactamente los fondos disponibles y siempre y cuando los proyectos “puedan venderse”, es decir, cuando siempre puedan descontar sus flujos a la tasa de descuento de mercado.

No obstante, si se estima que el racionamiento de capitales es transitorio (un año por ejemplo), el criterio recomendado es ordenar los proyectos de acuerdo a la tasa marginal imputada de retorno del primer año, ya que ello refleja la verdadera escasez de los recursos. La virtud de este método es que el ranking de proyectos así establecido no es afectado por la interdependencia de los proyectos ni por el monto de la restricción presupuestaria: el ordenamiento de proyectos se mantendrá inalterable cualquiera sea el presupuesto disponible para el primer año.

4.12. Metodología de Tarifificación y Subsidio Focalizado a la Demanda

El cumplimiento del principio de eficiencia económica exige la determinación de precios sobre la base del cálculo del costo de oportunidad de los bienes o servicios involucrados. En mercados competitivos, dicho costo de oportunidad es igual al precio de equilibrio de corto plazo de estos bienes o servicios, el cual es producto de la relación de demandantes y oferentes.

Sin embargo, no necesariamente el mecanismo de mercado llevará a necesariamente hacia el máximo nivel de bienestar, aún cuando los ganadores estén dispuestos a compensar a los perdedores y la sociedad obtenga un nivel de bienestar superior.

i. Importancia de la adecuada tarifificación (óptima)

La importancia que ha adquirido en los últimos años la escasez mundial de agua dulce, hace que la mirada se concentre en el uso eficiente de los recursos hídricos y por lo tanto en hacer más eficientes las actividades relacionadas con él.

La teoría indica que las tasas de uso de agua en cualquier sector debe tener en cuenta el costo social marginal de la prestación del servicio. No obstante, de la evidencia empírica se observa con alta frecuencia la existencia de sistemas de precios que no cubren el costo total marginal de suministrar el agua.

En general, la tarifificación tiene diferentes objetivos, asociados tanto a eficiencia como a equidad; entre ellos, evaluar diferentes formas de financiamiento de grandes obras, analizar mecanismos de distribución de los costos entre los usuarios y explorar diferentes opciones de participación del sector privado en el desarrollo de infraestructura pública. Más específicamente, la tarifificación permite:

- Establecer claros objetivos financieros para los proveedores de servicios;
- Elegir un sistema regulador independiente para los operadores públicos y privados;
- Establecer sistemas para ingresos seguros provenientes de las tarifas;
- Establecer mecanismos de responsabilidad frente a los clientes;
- Estimar subsidios no distorsivos y por causas meritorias; determinar el campo de aplicación de subsidios cruzados y estimar su nivel;
- Adoptar un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos;
- Elaborar principios para el financiamiento de las obras y determinar las reformas normativas, legales, estructurales e institucionales requeridas;

- Decidir el grado de descentralización y asegurar la existencia de mecanismos para garantizar la sustentabilidad de las obras, por ejemplo incluyendo los gastos de mantenimiento y modernización de los sistemas (autofinanciamiento de las obras);
- Estimar las necesidades financieras, separando los gastos recurrentes y de capital;
- Identificar los factores claves que afectan los costos;
- Evaluar la accesibilidad financiera y la distribución y recuperación de costos;
- Examinar el rol de los operadores privados, analizando alternativas de cofinanciamiento para los proyectos de mayor inversión;
- Establecer incentivos alineados hacia decisiones óptimas de consumo e inversión.

Suponga un sistema de precios que no cobra por el consumo alcanzado. En la

Figura 53-A, para el conjunto de los agricultores ubicados en la cabeza del sistema (o aguas arriba) $C1$ (C_{mg}) es igual a cero, por lo que pueden consumir toda el agua que deseen. La

Figura 53-B muestra el conjunto de los agricultores que tienen sus parcelas ubicadas en la cola del sistema (aguas abajo), por lo sólo pueden consumir el agua que les llega. Asimismo, deben considerarse los siguientes supuestos: i) ninguno de los dos grupos puede recurrir a otra fuente de agua que no sea la superficial y ii) no hay reducción de los costos marginales de suministro o de aplicación.

En la situación inicial, los usuarios ubicados en la cabecera consumen A_0 de acuerdo con los costos C_2 (otros costos de producción). Esto implica que, dada la cantidad limitada de agua (R_0), el nivel de consumo de los usuarios de la cola es A_2 (consumo correspondiente a C_2), aún cuando quisieran consumir más que eso.

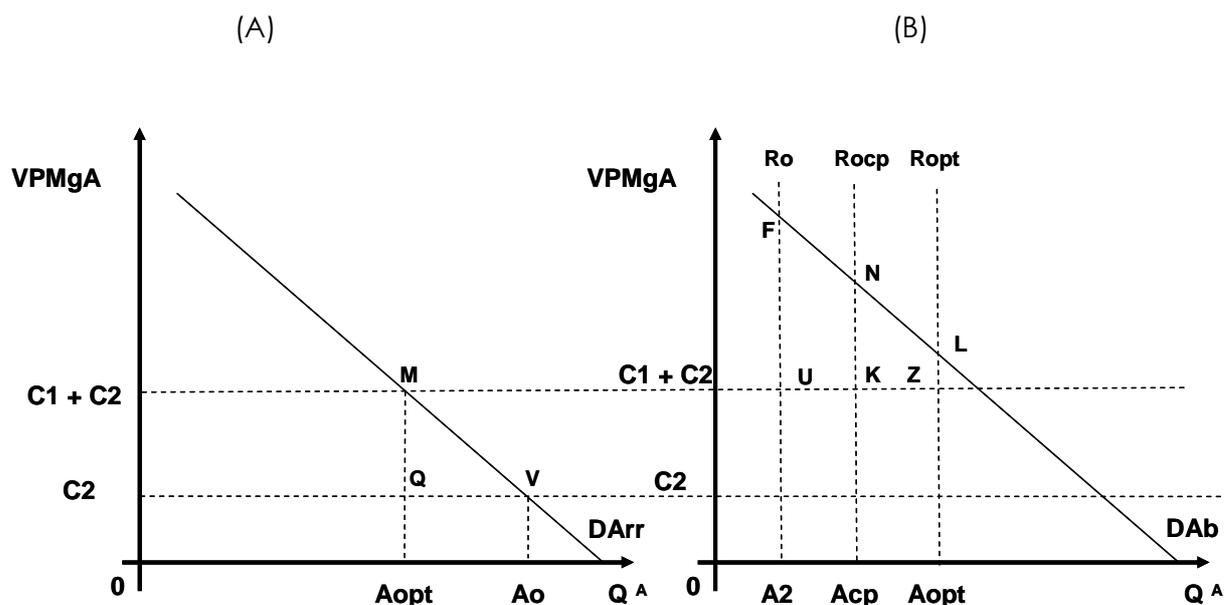
Aliviando ahora la restricción de agua, por ejemplo a través de un proyecto de desarrollo de nueva infraestructura, ($R_{cp} > R_0$) los usuarios de la cola tendrán unidades adicionales de agua ($A_{cp} - A_2$). Los consumidores aguas arriba consumirán la misma cantidad de agua ya que sus costos marginales no han cambiado, los usuarios aguas abajo consumen A_{cp} , dada su nueva restricción hídrica: R_{cp} .

Por tanto, los efectos de aliviar la restricción corresponden a un aumento de consumo de agua para los productores agrícolas, dado por el valor de la producción adicional ($A_2 F N A_{cp}$). A este aumento de la producción deben descontarse los costos de insumos necesarios para obtenerla y los costos por

aumento en el uso de recursos (costos variables) para conducción y distribución de aguas para estos usuarios agrícolas ($C1 + C2$). De esta forma, el beneficio neto del proyecto es UFNK.

Sin embargo, el mismo beneficio podría obtenerse a través de un adecuado sistema de tarificación. Si se obligara a los usuarios aguas arriba a pagar $C1 + C2$ en la situación SP consumirían A_{opt1} , lo que automáticamente aliviaría la restricción para los usuarios aguas abajo (a R_{opt}) y permitiendo aumentar su consumo hasta A_{opt} . Por tanto, los beneficios netos de la tarificación corresponderían a la diferencia entre las áreas UZLF menos MQV. De esta forma, uno de los beneficios atribuidos al proyecto de ampliación de infraestructura puede obtenerse a partir de una optimización de la situación actual (la tarificación). Ello implica un beneficio neto que se atribuyó inicialmente al proyecto de infraestructura (área UFNK) y que puede obtenerse también en la situación SP si se aplica un sistema de tarifas adecuadas, por lo cual no es atribuible al proyecto.

Figura 53. Optimización del sistema tarifario del proyecto al aumentar la dotación de agua



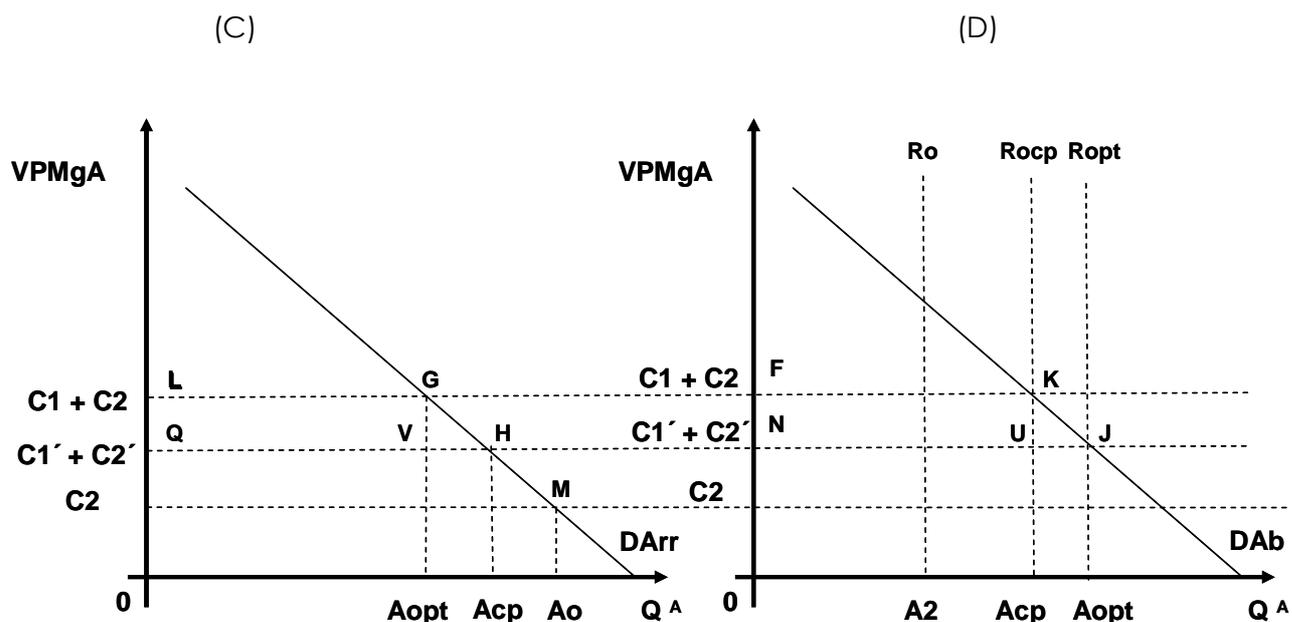
Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

Ahora bien, pueden aplicarse ambas soluciones en forma simultánea, es decir, aumentar la producción de agua y reducir el costo marginal de suministro. Esto se muestra en la

Figura 54-C y

Figura 54-D donde en la situación inicial, dado que $C1$ es igual a 0, los usuarios aguas arriba consumen en función de $C2$ ($A0$) y los usuarios aguas abajo consumen $A2$.

Figura 54. Optimización del sistema tarifario: el proyecto aumenta la dotación de agua y disminuye los CMg



Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

A partir del proyecto y de una adecuada tarificación el nuevo equilibrio estará dado por; Así, el proyecto permite:

- Reducir tanto el costo marginal extrapredial como intrapredial: de $C1$ y $C2$ a $C1'$ y $C2'$ respectivamente;
- Aumentar disponibilidad del recurso para los usuarios agua abajo desde $A2$ hasta Acp , obteniendo un beneficio adicional a la situación anterior dado por JKU ;

Esta política tarifaria permite beneficiar tanto a los consumidores aguas arriba ($AoptHMAcp$), como a los aguas abajo ($AoptKJAcp$). El costo por uso de los recursos corresponde a las áreas $ONJAcp$ y $OQHAcp$. Finalmente, el beneficio neto total observado en el mercado del agua es la superficie $QLGH$ para los usuarios aguas arriba y $NFKJ$ para los usuarios aguas abajo, aunque deben

incorporarse los cambios en los costos fijos si correspondiere. La Tabla 22 resume los beneficios y costos por usuario.

Tabla 22. Optimización del sistema tarifario: resumen por tipo de usuario

	Efectos	Beneficios
Agricultores Aguas Arriba [Acp]	Disminuye el costo marginal del agua [Aopt]	Liberación de recursos igual a las áreas OFKAopt y OLGAAopt.
Agricultores Aguas Abajo – A2	Aumenta consumo de agua [Aopt]	Aumenta producción de bienes agrícolas. El valor de esta producción adicional está dado por el área bajo la curva de demanda de agua en las cantidades Acp y Aopt

Fuente: Elaboración propia en base a "Metodología de Evaluación de Proyecto Hídricos". Claudia Botteon / CEPAL (2007).

ii. Condiciones de mercado para el establecimiento de un sistema tarifario

Para definir el escenario óptimo de mercado del agua, es necesario definir previamente el marco legal, social, económico, político y ambiental que restringen su uso, definiendo además si la fijación de precios considerará la discriminación por tipo de usuario.

Así también y en forma independiente del uso que se de al agua cruda, se requiere un mercado flexible para 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, los usos y las ubicaciones. La igualación se da porque el mercado ofrece un incentivo y un medio para que los usuarios asignen los derechos de agua a usos de mayor valor. La transferibilidad de los derechos en el mercado permite que surjan y obtengan el suministro nuevos usos y usuarios, impide el despilfarro y fomenta la conservación del recurso. 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 será resistente a las crisis y estará abierto a aprovechar las oportunidades (Anderson, 1985).

El mercado además exige el mantenimiento de un marco normativo 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. Tanto oferentes como demandantes deben asumir los costos y beneficios de los cambios en el mercado, por lo que este debe permitir estos cambios e incorporar las externalidades.

Por último, el mercado debe ser relativamente transparente, sin asimetrías de información ni poder monopolístico o monopsonístico; es decir, debe ser relativamente competitivo en el sentido más amplio del concepto.

iii. Características generales de un sistema tarifario óptimo

Una política de precios debe proporcionar incentivos para el uso eficiente del recurso y debe extenderse a todos los tipos de usuarios que producen a partir del recurso. Así también, el sistema de tarificación debe preocuparse de la racionalización del consumo e instar a repercutir el coste real del suministro de agua en su precio de manera que el usuario perciba su valor económico. Pese a que se pague en función de la cantidad de agua consumida, lo que realmente se está pagando son los costes de infraestructura que constituyen la principal inversión.

En general, dependiendo del funcionamiento de los mercados y de las funciones de preferencias sociales, se recomienda el uso de precios diferenciados por tipo de usuario, considerando su ingreso, capacidad de negociación y el *beneficio social* que la comunidad estima produce el consumo de agua para cada tipo de usuario. Cada usuario maximiza su función de utilidad considerando la información disponible, por lo que en general se aplica discriminación de precios de segundo y tercer grado, identificando los grupos de consumidores basados en algunas características y aplicable a un monopolio natural, tal como el caso de los embalses y obras hidráulicas anexas.

La tarificación debe diseñarse de forma de:

- Permitir el financiamiento de todos los costos eficientes: operación, mantenimiento, Inversión y reposición de la empresa;
- 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 (por ejemplo cada 5 años) en el cual la empresa real compite con una empresa modelo que origina las tarifas máximas a cobrar.

- Traspasar las ganancias de eficiencia a los usuarios a través de reducciones de tarifas.

Por otra parte, el sistema tarifario debe considerar todos los usos potenciales e incorporar todos los conceptos por prestación de servicios o realización de actividades administrativas varias. Asimismo, debe inducir un consumo racional del recurso y contribuir también a objetivos medioambientales (principio *quien contamina paga*).

Asimismo, de ser necesario, se recomienda establecer estructuras tarifarias por tramos de consumo con la finalidad de atender las necesidades básicas de un grupo de usuarios, a los cuales la sociedad estima conveniente que dispongan de un consumo mínimo. No obstante, la segmentación debe ser lo suficientemente adecuada como para desincentivar los consumos excesivos (no eficientes) del recurso.

iv. Teoría del monopolio natural

Técnicamente un **monopolio natural** se define como aquel mercado que es provisto por un único oferente cuyos costos unitarios de producción disminuyen a medida que aumenta la cantidad producida (Joskow, 2005). De acuerdo a esta definición, una condición necesaria para la existencia de un monopolio natural es que el costo de producción se a subaditivo. Para un oferente con una función de producción:

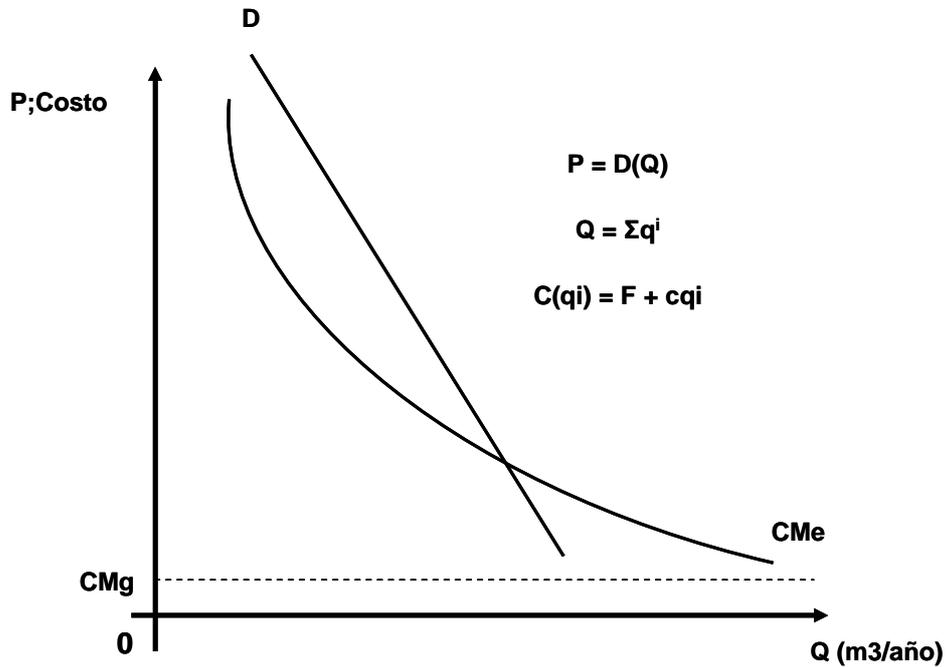
$$C^i = F + cq^i$$

Entonces el costo medio:

$$CMe^i = F/q^i + c$$

Disminuye continuamente a medida que aumenta la producción; este resultado suele caracterizarse también como economías de escala relacionada a rendimientos crecimientos. Figura 55 muestra el caso típico de monopolio natural.

Figura 55. Monopolio natural



Fuente: Elaboración propia en base a "Regulatory of Monopoly". Paul Joskow (2005).

Si bien la condición anterior es necesaria para la existencia del monopolio natural, no es suficiente. Si lo será siempre y cuando el CMe se decreciente para cualquier tamaño de producción; es decir, que no existan restricciones tecnológicas, ni de otro tipo, que hagan que en algún momento la curva de CMe tenga pendiente positiva.

v. Regulación de los monopolios naturales

En general, la teoría recomienda que el Estado intervenga en los monopolios naturales cuando: i) cuando los oferentes tienen un pobre desempeño en diferentes dimensiones económicas; ii) es factible la intervención pública, tanto desde el punto de vista legal y técnico, como desde la conveniencia de compensar en este mercado las pérdidas de eficiencia (sociales) que la recaudación de impuestos produce en otros mercados para financiar los costos de la intervención.

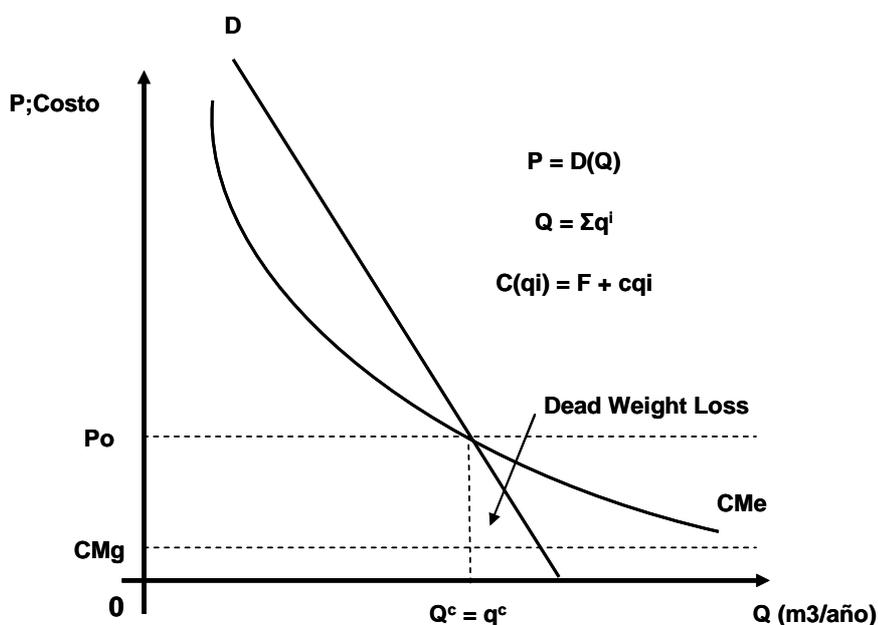
a) *Consideraciones de eficiencia económica*

Desde el punto de vista de la eficiencia económica, la intervención pública en monopolios naturales se justifica a partir de algunos casos típicos. No obstante, el que es pertinente en este caso corresponde a aquel donde:

$$P = CMg < CMe$$

En este caso (Figura 56) el *first best* (óptimo) está dado por $P = CMg$. Sin embargo, en este punto, el productor no cubre los CMe , por lo cual requiere intervención del Estado (subsidio) y haciendo abstracción de los costos sociales por distorsiones que la recaudación para financiar el subsidio produce en otros mercados. En tanto, el *second best* estará dado por $P_o = CMe$, que permite al productor cubrir sus costos medios, no obstante lo cual provoca una pérdida social (*dead weight loss*).

Figura 56. Monopolio natural



Fuente: Elaboración propia en base a "Regulatory of Monopoly". Paul Joskow (2005).

Este caso sugiere la intervención pública, a través de subsidios, para disminuir las pérdidas sociales, dado que P igual a CMg no permite al productor cubrir todos sus costos de producción. No obstante deberá evaluarse la conveniencia de compensar la pérdida social, comparándola con los costos sociales (distorsiones) que la obtención de recursos para financiar el subsidio provoca en otros mercados. Por ejemplo, si la demanda en el mercado regulado es relativamente

inelástica, el costo de compensación será en general bastante alto, por lo cual la distorsión esperada en otros mercados intervenidos también lo será (Laffont 1999).

b) Esquemas de regulación de tarifas

Como fuera analizado, en presencia de economías de escala, la condición $P = CMg$ no será suficiente para financiar los CMe del productor. Por ello, se recomienda la creación de una agencia regulatoria para estimar los precios "socialmente desables". Por lo tanto, si no se regula el precio y éste no refleja los costos económicos de producción, no hay incentivos a invertir ni a aumentar la eficiencia. En este sentido, deben fijarse los precios, fijar estándares de calidad y controlar que se cumplan y fijar condiciones de acceso a los servicios.

De esta manera, la regulación del mercado del agua optimiza el costeo y reduce las *asimetrías de información*, al conocer los costos de producción, la tecnología adecuada y las preferencias de los usuarios.

La literatura tradicional sobre *second-best pricing* para monopolios naturales supone un regulador con información perfecta sobre los costos del productor regulado y sobre los atributos de la demanda. Por ello, la meta del regulador es identificar e implementar una normativa de precios que maximice la oferta sujeto a una restricción presupuestaria (costos del productor regulado). No obstante, ello obedece a lo que el regulador debería hacer, que no implica que sea lo que efectivamente hace.

Existen principalmente tres esquemas de regulación de tarifas:

- Regulación por tasa de retorno;
- Regulación por price cap (o precio tope); y,
- Regulación por benchmarking o comparación, los que se describen a continuación.

La **regulación por tasa de retorno** consiste en valorizar las inversiones en que ha incurrido una empresa prestadora de servicios públicos, estableciendo una tarifa apropiada 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, este tipo de regulación se cuestiona cuando no se controla el efecto *Averch-Johnson*, que predice que cuando toda la inversión es rentabilizada, los productores tendrán mayores incentivos a sobre-invertir (y por tanto, a ser *ineficientes*).

La **regulación por price cap**, al igual que la tasa de retorno, se basa principalmente en el funcionamiento de la empresa real, con tarifas que permanecen constantes en el tiempo y por períodos prolongados. Una vez terminado el período de precios fijos, la autoridad (en este caso el ente

regulador) incorporará las reducciones de costos que haya alcanzado la empresa fijando una nueva tarifa 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 RPI-X, en el cual los precios se indexan según el Índice de Precios al Consumidor (Retail Price Index - RPI) menos la ganancia de eficiencia que el regulador considera alcanzable durante el período establecido y que tiene un valor de X%.

La diferencia con el modelo price cap simple es que incentiva la reducción de costos, ya que es la manera en la cual los productores podrán obtener rentas en la medida que logren reducir sus costos en un porcentaje mayor al establecido por la autoridad. Por otra parte, resulta importante mencionar que en la medida en que los procesos de revisión de tarifas del modelo de price cap se acorten, 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 las tarifas 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 las tarifas 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 y pierde validez relativa en el caso de los monopolios naturales.

vi. **Propuesta de tarifación**

La propuesta de tarifación toma en consideración los diferentes modelos de precios, cuya aplicabilidad depende del tipo de bien producido.

c) *Precios lineales y no lineales*

En presencia de un monopolio con producto único, una alternativa de tarifación es establecer P igual a CMe, con lo cual el gasto del consumidor será:

$$E_i = pACq_i$$

Por tanto, P será único para todos los consumidores y cada uno de ellos demandará en función de su BMgS o VPMg, según sea el caso. Este modelo de tarifación óptima lineal se denomina **Ramsey-Boiteux**.

Aún cuando se trata de una solución de *segundo mejor*, este modelo puede optimizarse cargando a los consumidores el costo total de financiamiento del proyecto (CME de largo plazo) a través de un modelo de **Tarifa en Dos Partes**:

$$T_i = F + p q_i$$

Donde:

T_i es la tarifa a cobrar al usuario i;

F es el cargo fijo o cargo de acceso

p q_i es el cargo de uso cobrado del usuario i;

Este modelo de tarificación es **no lineal** porque el **gasto medio** por unidad consumida (**T_i/q_i**) no es constante sino que decrece a medida que **q_i** se incrementa.

Suponiendo N consumidores idénticos con demandas $q_i = d(p)$; una oferta bruta de S_i cuando $p = 0$, la función de costos de la firma regulada está dada por $C = f_0 + c q$, es decir, un cargo fijo (f_0) y un cargo marginal (c). Ignorando los efectos distributivos, este modelo es un first best en el entendido que en el margen cada consumidor paga un precio equivalente al costo marginal y la diferencia entre CMg y CMe se cubre a través del cargo fijo que actúa como un impuesto de suma alzada.

Por último, en aquellos casos en los cuales la demanda varía por momentos específicos de tiempo, es posible tarificar a través de los modelos de **Peak-Load or Variable Load Pricing**. Si bien este modelo tiene la ventaja de proveer un instrumental para casos en los cuales la demanda varía por horas, días o temporadas, no aplica al caso en estudio porque corresponde a la provisión de bienes y servicios que no pueden ser almacenados. Este es el caso de servicios de provisión de energía eléctrica, distribución de gas por redes y redes de telefonía, industrias que son capital intensivas y cuyos costos de inversión en capacidad son una parte relativamente significativa de los costos totales.

d) *Tarifa en 2 Partes para Clientes No Homogéneos (precios no lineales)*

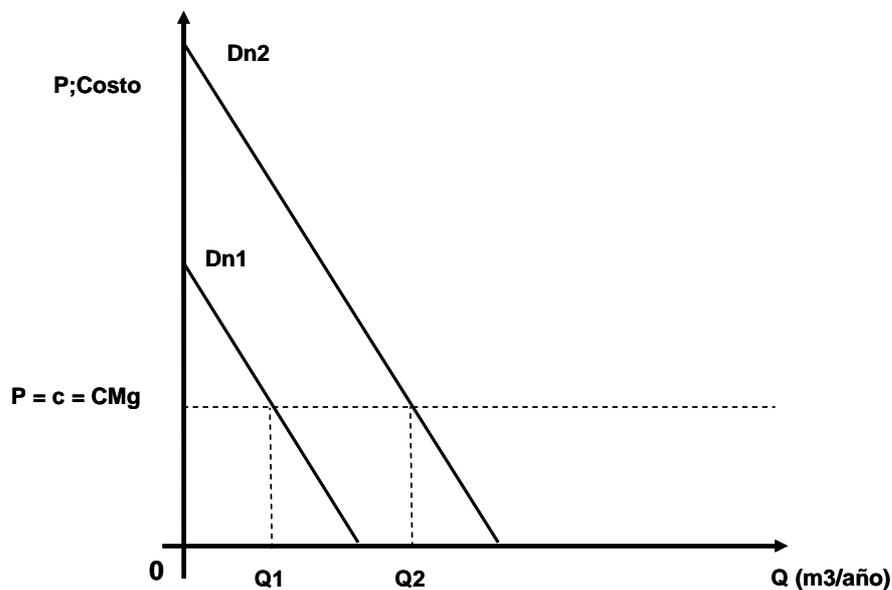
Tomando en consideración el análisis preliminar, a continuación se propone un modelo de arificación para embalses y obras hidráulicas anexas, cuya aplicabilidad por supuesto queda a criterio de la autoridad correspondiente y que por otra parte, debe ser analizado caso a caso dependiendo de la naturaleza del proyecto y de los usos y beneficiarios potenciales del proyecto.

En general, en el caso de los proyectos hidráulicos multipropósito, la naturaleza de los usuarios es diferente, tanto por diferentes atributos como por diferentes disposiciones a pagar (DAP). De tal forma, cuando las elasticidades demanda de los diferentes consumidores no son homogéneas, existe la alternativa tarifar diferenciadamente los cargo de acceso y de uso. Este modelo será tanto más eficiente en la medida en que el regulador tenga la mayor cantidad de información respecto a las funciones de demanda de los usuarios y del valor de uso que éstos dan al bien regulado.

Considerando 2 tipos de usuarios, **n1 con una baja demanda** y **n2 con una alta demanda**, sus curvas de demanda inversa pueden representarse por $p = d1(q1)$ y $p = d2(q2)$, respectivamente (Figura 57).

Si se carga un precio unitario $p = c$, donde c equivale al costo marginal, entonces el excedente del consumidor n1 será $CS1 = (S1 - cq1)$ y el del consumidor n2 estará dado por $CS2 = (S2 - cq2)$ donde $CS1 < CS2$ y $n1CS1 + n2CS2 > fo$ (fo corresponde al cargo fijo).

Figura 57. Consumidores heterogeneos



Fuente: Elaboración propia en base a "Regulatory of Monopoly". Paul Joskow (2005).

Sin embargo, puede que este modelo de tarificación no permita cubrir los CMe del oferente, especialmente por la DAP de n1. Por ello, una forma de alcanzar el equilibrio de autofinanciamiento del productor minimizando las distorsiones en las

decisiones de consumo de los demandantes, puede lograrse a través de un modelo de *tarifa en 2 partes diferenciada por tipo de usuario* de la forma:

$$T1 = A1 + p1q1$$

$$T2 = A2 + p2q2$$

Donde:

A1 < A2, siendo los respectivos cargos fijos o de acceso de los consumidores n1 y n2;

$$p1 > p2 > c$$

T1 es la tarifa que pagarán los consumidores de baja demanda (n1);

T2 es la tarifa que pagarán los consumidores de baja demanda (n2);

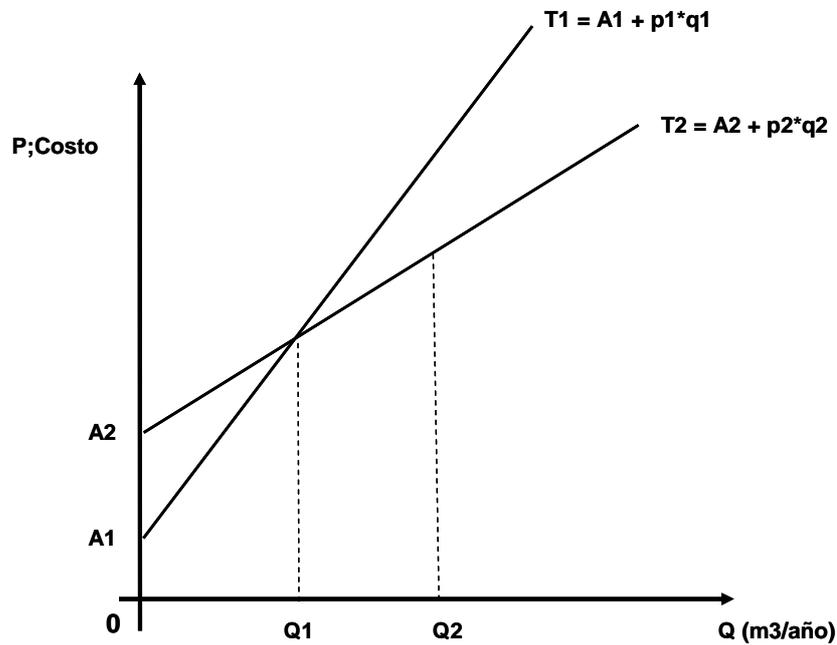
A fines de asegurar un consumo mínimo a los usuarios de baja demanda, T1 deberá ser construida de forma tal que los usuarios n1 enfrenten un costo variable lo suficientemente alto como para desincentivar el consumo no eficiente (de allí que $p1 > p2 > c$), aunque manteniendo a $p1$ y $p2$ próximos a c (el costo marginal) para minimizar las distorsiones en las decisiones de consumo. Por otra parte, el cargo fijo será menor para n1 ($A1 < A2$) a fines de no impedir el acceso al bien por falta de capacidad de pago (es decir, porque su excedente del consumidor no es lo suficientemente grande como para cubrir el cargo fijo). Como muestra la Figura 58 este menú tarifario es equivalente a establecer una escala única de precios de la forma:

$$T(q) = A^* + p1q1 + p2(q2 - q1^*)$$

Donde:

A* es un precio fijo único y donde el cargo fijo disminuye a medida que aumenta el consumo por parte de un usuario determinado (para $q1$ entre 0 and $q1^*$ and $q2 > q1^*$).

Figura 58. Tarifa en 2 partes



Fuente: Elaboración propia en base a "Regulatory of Monopoly". Paul Joskow (2005).

vii. Consideraciones finales sobre tarificación óptima

Actualmente, el Estado hace obras de riego que luego transfiere a los privados para su mantenimiento, pero subsidiando parte importante de la inversión. Asimismo, los proyectos enfrentan un conjunto de problemas adicionales: i) asignaciones entre los usos. El uso múltiples (riego y generación hidroeléctrica, por ejemplo); ii) derechos de aprovechamiento transferidos que no incorporan mecanismos para costear la mantención; iii) derechos de aprovechamiento para actividades no consuntivas; iv) derechos de aprovechamiento para pequeños agricultores con baja capacidad empresarial y baja DAP por el agua; v) obras construidas en terrenos fiscales no regularizados y vi) la incorporación de beneficios tales como turismo y defensa fluvial, los que en general no quedan recogidos por las evaluaciones de los proyectos.

Atento a lo expuesto, debe avanzarse en el mejoramiento de la formulación y evaluación de proyectos, no sólo incorporando nuevos beneficios y costos, sino mejorando los mecanismos para la asignación del agua. Entre estas propuestas, el desarrollo de mercados que permitan el establecimiento de tarifas para alinear los incentivos hacia los usos con mayor rentabilidad social (más eficientes).

Se espera que este capítulo contribuya al logro de los objetivos referidos anteriormente. Desde ya, es posible avanzar hacia modelos más complejos de asignación del agua; a partir del conocimiento de los flujos, usos y comportamiento de los usuarios pueden construirse modelos de programación matemática basados en la Teoría de la Decisión Multicriterio que permiten estudiar el impacto potencial de la aplicación de la tarificación del agua sobre los diferentes usos y analizando particularmente en el caso de la agricultura el uso de tecnologías ahorradoras de agua para riego. No obstante, esa materia excede los alcances de la presente versión metodológica.

viii. Propuesta de subsidio focalizado a la demanda

El presente apartado propone una alternativa de subsidio focalizado a la demanda en base a la capacidad de pago. Este modelo de transferencia está basado en la propuesta de tarificación en 2 partes con discriminación por usuario presentada anteriormente. En ella, los niveles tarifarios aseguran el autofinanciamiento de los proyectos y la asignación óptima del agua entre los usuarios. No obstante, con alta probabilidad habrá un grupo de consumidores (riego por ejemplo), que no dispondrán de capacidad de pago suficiente como para hacer frente incluso a la tarifa mínima (T1). Atento a ello, se propone un sistema de subsidio focalizado a la demanda que asegure que todos los grupos que la sociedad desea que consuman agua cruda puedan hacerlo, minimizando los costos sociales.

El subsidio puede conformar una importante herramienta de política social. Asimismo, es complementario con la política de tarificar a nivel de autofinanciamiento los servicios por lo cual a su vez, se inscribe dentro de la política de aumento de eficiencia económica de la inversión pública, puesto que elimina los subsidios cruzados y permite mejorar la asignación de recursos entre sectores.

a) Subsidio: concepto

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 (socialmente deseables). De esta forma, busca aumentar el consumo de un determinado grupo al cual la sociedad asigna una externalidad positiva a su consumo del bien. De esta forma, aumenta el consumo del bien y el precio recibido por el productos (ps, equivalente a pd más subsidio).

El subsidio a la demanda consiste en que el consumidor recibe un aporte para cierto uso específico (por ejemplo para comprar una vivienda) y éste decide –soberanamente- qué empresa constructora elegirá para adquirir a precio real el inmueble requerido, de tal forma que la persona subsidiada es la que posee el

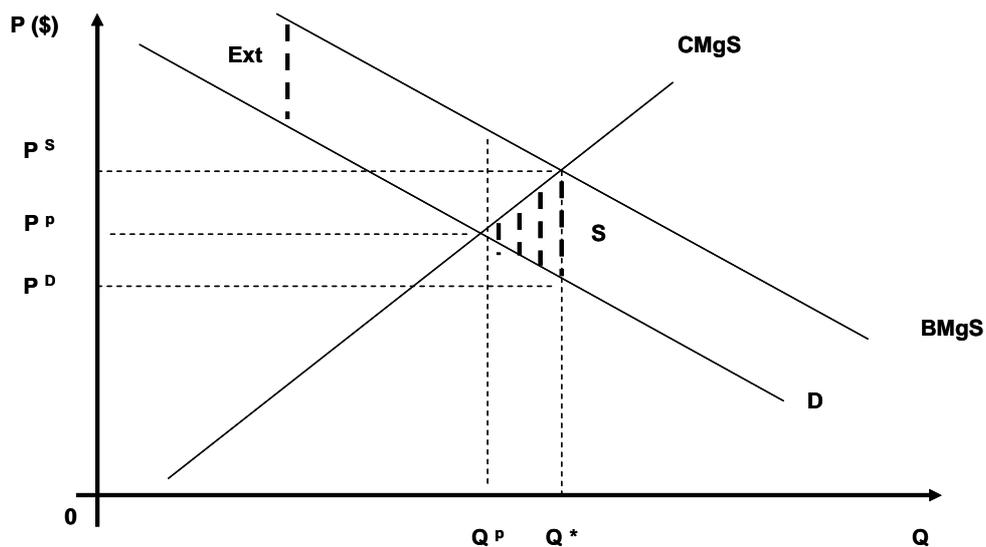
poder de negociación con el proveedor para exigir la mejor calidad del bien recibido.

Por otra parte, el subsidio a la oferta está dirigido al productor del bien –no al demandante- de tal forma que el producto que se ofrece pueda ser vendido a un precio inferior al precio real de mercado, indistintamente de quien demanda dicho artículo o servicio.

En términos teóricos, los subsidios deben cumplir ciertas características básicas para que desde el punto de vista social, sean eficientes. Así, deben ser transitorios, esto es, deben otorgarse exclusivamente mientras dura la condición que dio origen al subsidio. También deben ser focalizados, es decir, deben ser canalizados directamente a las personas calificadas e identificadas como receptoras de subsidios, para evitar que otras personas usufructúen indebidamente del beneficio.

Además, deben ser eficientes, lo que supone que el bienestar recibido por el receptor debe ser mayor que la pérdida de bienestar para el contribuyente. En consecuencia, deben ser progresivos y los mecanismos para su administración deben ser simples. Así también, deben ser económicamente factibles, es decir, deben estar en relación a los recursos restringidos que dispone la nación. El financiamiento del subsidio no puede afectar el desarrollo de un país, gravándolo, por ejemplo, con impuestos que limiten su crecimiento económico (Figura 59).

Figura 59. Análisis teórico del subsidio



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes varios.

b) Consideraciones al momento de diseñar el subsidio:

- I. Reformas institucionales y regulatorias que mejoraran la situación social.
- II. No debe conformar un sustituto perfecto de las políticas sociales redistributivas, por lo cual debe complementarse con éstas.
- III. Ser asignado sólo a aquellos grupos de usuarios que la sociedad estima conveniente y que no disponen de capacidad de pago para financiar la tarifa.
- IV. Debe analizarse con especial atención el diseño a fines de evitar subsidios cruzados que distorsionan las decisiones de consumo y asignación. En este sentido, es importante que los subsidios que obtengan su financiamiento de los impuestos generales de la sociedad y no mediante la transferencia de beneficios al interior del sistema mismo.
- V. El subsidio debe ser directo, habilitante y no asistencial, al estar sujeto al cumplimiento de un conjunto de obligaciones por parte del beneficiario potencial. Por ello, debe cubrir sólo parte de la tarifa a fines de contribuir a alinear los incentivos de los consumidores hacia los usos más eficientes.
- VI. El subsidio debía cubrir solo la diferencia entre el consumo real y la disposición a pagar y se recomienda ser entregado directamente al proveedor a través de transferencias directas materializadas en la cuenta de pago.
- VII. Los programas de subsidios deben incorporar una primera focalización espacial, debido a que las realidades regionales desde el punto de vista geográfico y socio-económico son muy disímiles.
- VIII. El subsidio deberá ser entregado en forma temporal, por un determinado período de años por ejemplo, y estar sujeto a renovación en virtud del mantenimiento de las condiciones que justificaron su asignación inicial.

c) Focalización del subsidio

El modelo de subsidio propuesto pretende apoyar las políticas distributivas, minimizando las pérdidas de eficiencia. En este contexto, en la búsqueda de la redistribución de los ingresos y con el objetivo de disminuir las desigualdades, el Estado ha creado subsidios asistenciales y a la demanda de servicios básicos, que están orientados a la población de menores ingresos.

Por otra parte, no es recomendable subsidiar a aquellos grupos de usuarios con mayor DAP, por lo cual la transferencia constituye una herramienta imprescindible para que el Estado pueda mejorar la situación de los sectores relativamente menos desarrollados.

d) Población Objetivo o de Escasos Recursos

La **población objetivo** se define como aquella con incapacidad de pago o de escasos recursos y que destinan una parte importante de sus recursos a proveerse del recurso vía tarifa.

e) Definición del Número de Subsidios y Porcentajes a Subsidiar

El número de subsidios asignado quedará a discreción de la autoridad, aún cuando pueda estimarse caso a caso, desde el punto de vista de la eficiencia económica.

Para definir los diferentes porcentajes de intensidad del subsidio, se deben considerar las distintas tarifas, según grupos tarifarios al interior de cada área y los ingresos promedio de los usuarios, de manera que el subsidio cubra la diferencia entre lo que usuario *puede pagar* y lo que *debe pagar*. De la misma manera debe procederse con la definición de las intensidades de subsidio, las que se definen como diferencia, expresada en porcentaje, que debe cubrir el subsidio a los usuarios de menores recursos.

f) Distribución de los Subsidios por Tramos

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. Asimismo, la construcción de este instrumento debe tener el objetivo básico de atender los requerimientos de los usuarios que verdaderamente tienen dificultades para el pago por el uso del recurso.

g) Requisitos para postular al beneficio

Como parte del modelo de subsidio, deberá estimarse el conjunto de antecedentes que el beneficiario potencial deberá presentar para acceder al beneficio. Por ejemplo presentar el formulario y proceso de postulación completo y validado por la autoridad correspondiente, encontrarse en condiciones socio-económicas que dificulten el pago por el uso del recurso, encontrarse encuestado o dentro de algún sistema de información de usuarios de menores recursos y otros.

Deberá estimarse también el plazo de validez de la documentación presentada para respaldar la solicitud de subsidio (por ejemplo, 12 meses de la presentación de antecedentes).

h) 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.

También deberá definirse la vigencia legal del subsidio y el momento desde el cual el mismo es legalmente vigente y establece cumplimiento de obligaciones y respeto de los derechos. Asimismo, deberá establecerse la duración del subsidio, la que no necesariamente debe ser indefinida.

Además, 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) cambio de domicilio o uso productivo; iii) renuncia voluntaria del beneficiario; iv) cuando no se efectúe el pago de la parte subsidiada registrada en el documento de cobro; v) cuando no se proporcionen los antecedentes requeridos para la revisión de las condiciones socio-económicas; vi) cuando se cumpla el plazo por el cual se concedió el subsidio. El usuario podrá volver a postular al subsidio ciñéndose a las normas y requisitos que rigen su otorgamiento, a excepción de que hubiese operado la causal de incumplimiento de la entrega de información, situación en que sólo podrá volver a postular transcurrido el plazo que la autoridad establezca como punitorio desde la fecha que extinguió el beneficio. 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.

Todos los subsidios deberán ser extinguidos por la autoridad correspondiente y podrán ser reasignados a otros postulantes.

ix. Propuesta de subsidio potencial a la oferta

Eventualmente y cumpliéndose los requisitos que la autoridad estime pertinente, podrá analizarse la alternativa de subsidiar la oferta en alguno de los siguientes casos: i) subsidio para estudios de pre-inversión (destinados a diagnosticar y evaluar las posibles soluciones de recursos hídricos; ii) mejoramientos de sistemas de entrega de agua existentes (inversión en sistemas en uso, donde los recursos se

destinan a la ampliación, mejoramiento y/o rehabilitación del servicio, incluyendo la reposición de obras o equipos que hayan cumplido su vida útil física).

El subsidio a la inversión deberá corresponder a la diferencia entre el costo total de inversión y los aportes que pueden hacer las organizaciones de usuarios de acuerdo a su capacidad de pago. Anualmente, la autoridad competente, designada a tales fines, deberá confeccionar el programa de inversión, a nivel nacional y regional, en base a la información que se disponga de cada uno de los sistemas y de las necesidades planteadas por la comunidad de usuarios. El cálculo de la inversión requerida en cada uno de los proyectos incluidos en el programa de inversiones en obras y estudios será elaborado por la misma autoridad y calculado en base a los costos reales de cada sistema en particular.

5. CAPÍTULO 5. ADMINISTRACIÓN Y RESPONSABILIDADES GENERALES

En este capítulo se describen las responsabilidades de las instituciones que han estado involucradas en el desarrollo del Manual.

5.1. 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.
- Elaborar y actualizar 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.

5.2. 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.
- Coordinación y supervisión del desarrollo de estudios de manejo integrado de cuencas.
- 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.

5.3. 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 Canalistas, 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.

5.4. 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 avanzada 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.

5.5. 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.

5.6. 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.

5.7. 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.

5.8. 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.

5.9. 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.

5.10. 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.

5.11. 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, y la División de Planificación, Estudios e Inversiones de MIDEPLAN.

6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

En general las políticas de manejo del agua 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 Obras de Aprovechamiento Hidráulico busca ser una herramienta que permita mejorar el proceso de planificación, evaluación, ejecución y operación de obras. Está basado en el Manejo Integrado de Cuencas, 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

De este modo, el enfoque del Manejo Integrado de Cuencas, la definición del ciclo de vida del proyecto y la actualización de la metodología de evaluación socioeconómica, son elementos que permitirán mejorar la eficiencia del gasto público, aumentar el bienestar de la sociedad y aprovechar de manera sostenible el recurso hídrico.

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.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2009. Contreras, E. Aplicación de métodos alternativos para valorar recursos naturales (sin mercado) e impactos ambientales.

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.

2007; Lechuga, J.; Rodríguez, M.; y Lloveras, J. Análisis de los procesos para desalinización de agua de mar aplicando la inteligencia competitiva y tecnológica.

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).

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.

2007. Preafán, C. Metodología para la recuperación de costes financieros en el servicio de regadío (el caso de canarias). Pamplona, 15-17 mayo.

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.

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. Cordero, S., et al. Análisis de costo beneficio de cuatro proyectos hidroeléctricos en la cuenca Changuinola – Teribe.

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.

2004. Hadjigeorgalis, E. Comerciando con incertidumbre: los mercados de agua en la agricultura chilena. Cuadernos de economía, Vol. 41 (abril).

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.

2004. Botteon, C. metodología de de evaluación de proyectos de recursos hídricos.

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.

1999. Jiménez, J. y Asad, M. Manejo de los recursos hídricos en la argentina: aspectos económicos y financieros. Informe final.

1991. Martínez A. y Schlupmann, K. La ecología y la economía. Fondo de cultura económica, México.

1996. Perelló, J Economía ambiental. u. de alicante, España.

www.dams.org

www.oas.org

www.unesco.org

2001. Fontaine, Ernesto. Evaluación Social de Proyectos. Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía.

1998. CEPAL, “Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua”, Serie Medio Ambiente y Desarrollo N°6, Octubre de 1998

NIP 2010. MIDEPLAN, Sistema Nacional de Inversiones (SNI), "Metodología de Riego".

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.

2000. Curso Interamericano en Preparación y Evaluación de Proyectos. Gestión de Aguas Lluvias: Aplicación en Pudahuel y Recoleta. Instituto de Economía.

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.

2002. Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas. Metodología de Evaluación de Proyectos de Aguas Lluvias.

2008. Germán Monsalve S. Hidrología en la ingeniería. Editorial Alfaomega.

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.

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.

ANEXO 1. LÍNEA DE BASE DEL PROYECTO

Se recomienda que todo proyecto de "infraestructura social" desarrolle un diagnóstico acotado de la realidad. 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.

i. **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).

La Figura 60 muestra las principales técnicas para evaluar los beneficiarios y costos de en análisis ex post.

Figura 60. Comparación de métodos cuantitativos y cualitativos

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 las unidades de análisis.
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.

ii. 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.

Propuesta de indicadores: enfoques

La línea de base debe ser lo suficientemente comprensiva, 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 al 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.

ANEXO 2. ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

i. 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

ii. 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 financistas.

El programa de trabajo de los estudios deberá incluir por lo menos los siguientes puntos:

1. 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 sedimentología.
- 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 construir las 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)

2 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) Precipitaciones intensas.

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

3. 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.

4 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.

5 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

6 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

7 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

8 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

9 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*

10 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.

11 Selección de los proyectos básicos

11.1 Presas

- a) Materiales.
- b) Obras temporarias 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.

12 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.

13 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.

14 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.

15 Resultados de los índices de evaluación

16 Análisis de estabilidad de los resultados

17 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.

18 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.

19 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.

20 Análisis de estabilidad de los resultados

20.1 Régimen de tarifas y tasas

21 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.

25 Estudio de los aspectos legales e institucionales

25.1 Problemas relativos a la construcción de las obras.

25.2 Problemas relativos a la explotación de los proyectos.

26 Recomendaciones finales del informe