



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE PLANEAMIENTO**

**“ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LA
FUNCIONALIDAD DE LA RED
FLUVIOMÉTRICA Y ASIGNACIÓN DE
DERECHOS DE APROVECHAMIENTO”**

INFORME FINAL

DICIEMBRE 2006



**GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN DE PLANEAMIENTO**

RESUMEN EJECUTIVO

**“ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE LA
FUNCIONALIDAD DE LA RED
FLUVIOMÉTRICA Y ASIGNACIÓN DE
DERECHOS DE APROVECHAMIENTO”**

DICIEMBRE 2006

INDICE

| | | |
|--------|--|----|
| I. | INTRODUCCIÓN. | 2 |
| II. | METODOLOGIA ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO. | 3 |
| III. | PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA RED HIDROMETRICA NACIONAL. | 7 |
| III.1. | Mejoramiento de la Red Fluviométrica. | 8 |
| III.2. | Mejoramiento de la Red Hidrometeorológica..... | 9 |
| III.3. | Mejoramiento de la Red de Calidad de Aguas. | 10 |
| IV. | ANALISIS COSTO-BENEFICIO DE LA RED HIDROMETRICA NACIONAL..... | 11 |
| IV.1. | Programa de mejoramiento: Cambio registro analógico a digital en la Red Fluviométrica. | 11 |
| IV.2. | Programa de mejoramiento: Aumento de densidad de la Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica..... | 13 |
| IV.3. | Programa de mejoramiento: Captura de datos en tiempo real - Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica. | 18 |
| IV.4. | Programa de mejoramiento: Red de Calidad de Aguas. | 21 |
| IV.5. | Evaluación de la Red Actual..... | 22 |
| V. | ASPECTOS INSTITUCIONALES Y FINANCIAMIENTO..... | 24 |
| V.1. | Características económicas..... | 24 |
| V.2. | Externalización de los servicios asociados a la RHN. | 26 |
| V.2.1. | Aspectos económicos..... | 26 |
| V.2.2. | Aspectos legales. | 27 |
| V.3. | Relación de la DGA con otras redes. | 28 |
| VI. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES..... | 30 |

I. INTRODUCCIÓN.

La gestión de los recursos hídricos en Chile se encuentra bajo el marco que define el Código de Aguas. En él se establecen una serie de obligaciones a la Dirección General de Aguas (DGA), organismo del Estado dependiente del Ministerio de Obras Públicas (MOP), relativas a la caracterización de la disponibilidad y calidad del agua. Para ello, la DGA levanta información por medio del Servicio Hidrométrico Nacional (SHN), con dependencia del Departamento de Hidrología, cuya función es generar las estadísticas relevantes con relación a la caracterización del recurso hídrico. La información hidrométrica¹ se recolecta a través de la Red Hidrométrica Nacional (RHN), la que a su vez está compuesta por redes específicas que miden distintos parámetros de interés. Estas últimas corresponden a:

- Red Fluviométrica.
- Red Hidrometeorológica.
- Red Sedimentométrica.
- Red de Medición de Nieves y Glaciares.
- Red de Control de Aguas Subterráneas (pozos).
- Red de Calidad de Aguas.
 - Red de calidad de aguas superficiales.
 - Red de calidad de aguas subterráneas.
 - Red de control de lagos.

Se estima que la mantención y generación de datos por medio de la RHN genera beneficios sociales no cuantificados, por tanto, la justificación social del SHN y de la RHN, en términos económicos, no ha podido del todo determinarse. En este contexto, la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN) del MOP encarga este estudio que, según los Términos de Referencia, tiene como objetivo general una evaluación costo-beneficio de los servicios prestados por la RHN.

A partir de lo anterior el producto final del estudio considera establecer recomendaciones generales sobre la red que se vean reflejadas en un programa de mejoramiento.

Este documento resume las principales tareas y conclusiones que se obtuvieron en el marco del estudio denominado “Análisis y Valoración de la Funcionalidad de la Red Fluviométrica y Asignación de Derechos de Aprovechamiento”.

¹ En este documento se utilizará información hidrométrica como sinónimo de información hidrológica y/o meteorológica.

II. METODOLOGIA ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO.

La metodología de análisis costo beneficio que se propone en este estudio está orientada a la evaluación de los programas de mejoramiento de la RHN que resultan de su análisis y que se proponen en este estudio. El marco teórico base surge de los modelos de decisiones bajo incertidumbre utilizados generalmente utilizados para la evaluación de sistemas de pronósticos.

La búsqueda de bibliografía relacionada con metodologías de análisis costo-beneficio, y en particular de medición de beneficios asociados a redes de medición, entrega como resultado que la mayor parte de los estudios realizados tiene relación con la evaluación de sistemas de pronósticos meteorológicos y no con evaluaciones de la infraestructura que soporta estos modelos. En este sentido la Organización Meteorológica Mundial ha realizado una amplia variedad de seminarios y trabajos de investigación, concientes que la racionalidad económica es la que debe justificar la existencia de las medidas y los servicios que de ellas se desprendan.

Distinguiendo entonces que la RHN es una generadora de datos sobre la cual descansan modelos, estudios, pronósticos y otros servicios, la metodología final de medición de beneficios propuesta intentó internalizar esta situación. En efecto, para el desarrollo metodológico se tomó en cuenta que las mediciones en sí afectan las decisiones económicas típicas como lo son las de inversión, gestión y mitigación de pérdidas, debido a la naturaleza aleatoria de los datos que la red recoge.

a. Beneficios asociados a decisiones de inversión.

Los beneficios asociados a las decisiones de inversión tienen relación con los agentes que invierten en infraestructura y que hacen uso de mediciones hidrométricas que entrega la RHN. Las variables de diseño de las obras de infraestructura se estiman en general sobre la base de registros históricos (estadísticas), por lo que contar con mayor cantidad de datos y de mejor calidad, implican una mejor estimación en dichas variables. Esto se traduce en una reducción del error asociado a su estimación, lo que implica un beneficio por una mayor precisión en los montos de inversión.

Si $CI(VD,X)$ corresponde a la función de costos de inversión de la obra asociada a la variable de diseño VD (que depende de los registros hidrométricos), creciente con respecto a VD , y suponemos que las obras se diseñan considerando un factor de seguridad S , equivalente a una medida del error de la variable VD ,

existe un “ahorro” en los costos de inversión (A_{CI}) al reducir S desde S_0 a S_1 , equivalente a:

$$(1) \quad A_{CI} = \text{Abs}[CI(VD+S_0) - CI(VD+S_1)]$$

El “ahorro” en costos de inversión calculado de esta manera corresponderá a los beneficios de obtener mejores variables de diseño producto de contar con series históricas más completas.

b. Beneficios asociados a decisiones de gestión.

En el caso de decisiones de gestión, los datos que se estiman son relevantes corresponden a aquellos que se pueden obtener en tiempo real, o casi real. Esto se debe a que una reducción en los tiempos de recepción de los datos que llegan al usuario hace que éste tome mejores decisiones. En consecuencia, se genera un beneficio por la reducción del error en la estimación de los costos de operación, producto de la disminución del error al estimar el valor de cierta variable en un instante “ t ” con el valor observado con un retraso Δt_1 , con un error E_1 , en vez de utilizar aquel registrado con un retraso Δt_0 mayor, con un error E_0 mayor a E_1 .

Si $CO(VH, X)$ corresponde a la función de costos de operación y mantenimiento, creciente con respecto a una variable hidrométrica VH , existe un “ahorro” en los costos de operación (A_{CO}) al reducir el nivel de error E desde E_0 a E_1 , equivalente a:

$$(2) \quad A_{CO} = \text{Abs}[CO(VH+E_0) - CO(VH+E_1)] + \text{Abs}[CO(VH-E_0) - CO(VH-E_1)]$$

El “ahorro” en costos de operación calculado de esta manera corresponderá a los beneficios de obtener variables hidrométricas en forma más oportuna.

c. Aspectos metodológicos en el análisis de costos.

La evaluación económica debe considerar la correcta estimación de los costos involucrados en los programas de mejoramiento que se proponen en este estudio, para lo cual se realizó un análisis en extenso bajo los siguientes aspectos metodológicos:

- De acuerdo a los antecedentes recogidos en la DGA se han determinado los costos anuales de operar las redes de cada región. Dichos costos de operación consideran los gastos en el personal que

hace las mediciones, los costos de transporte de dicho personal, y los costos de mantención y reparación de las infraestructuras y de los instrumentos de medición.

- La información general de costos se ha obtenido, en lo posible, para el período 2001-2005. Sin embargo, considerando que no se dispone de antecedentes de costos homogénea, se ha debido utilizar en algunos casos cifras de años aislados y extrapolar la información al período.
- Los costos de administración de la DGA se asigna en partidas globales, de modo que se han distribuido según algunos criterios específicos a las diferentes redes de medición y al costo de operación de cada región.

Por otro lado, el análisis costo-beneficio que considera este estudio se basa en el marco de la metodología usual de evaluación de proyectos establecida por el Sistema Nacional de Inversiones del Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN). Luego, para conocer el costo que tiene para el país proveer la información hidrométrica, se deben realizar los ajustes necesarios para reflejar adecuadamente los precios sociales involucrados.

Factores de Corrección Precios Privados a Precios Sociales.

| Ítem de Costo | 2007 y 2008 | 2009 en adelante |
|------------------------------|-------------|------------------|
| Mano de Obra Calificada | 0,98 | 1,00 |
| Mano de Obra Semi-calificada | 0,68 | 0,94 |
| Mano de Obra No Calificada | 0,62 | 0,89 |
| Precio Social de la Divisa | 1,01 | 1,01 |

Fuente: MIDEPLAN.

La tasa social de descuento que se debe aplicar a los flujos monetarios generados a partir del año 2007, según lo determinado por MIDEPLAN, corresponde al 8%.

d. Aspectos metodológicos en la evaluación del programa de mejoramiento de la Red de Calidad de Aguas.

La concepción del programa de mejoramiento de la red de calidad de aguas se ha diseñado para contribuir al cumplimiento de las normas secundarias de calidad de agua. Es una mejora a la red de medición, por lo que sus beneficios deben ser exclusivamente aquellos atribuibles a la medida.

En este sentido, la evaluación económica está estrechamente relacionada con la evaluación económica de las normas secundarias que se dicten. En efecto, la racionalidad económica implica que los beneficios que se logran con la mantención de ciertos estándares plasmados en una norma, superen los costos que implican la fiscalización necesaria para velar por su cumplimiento.

Debido a que la evaluación económica de las normas secundarias de calidad excede el alcance de este estudio, se ha optado por analizar un caso particular que cuente con dicha evaluación. Este es el caso de las normas secundarias de la cuenca del Maipo.

e. Aspectos metodológicos en la evaluación actual de la RHN.

Adicionalmente, se definió una metodología para la evaluación de la red actual, la cual sugiere comparar las pérdidas de precisión en las variables de diseño producto de dejar de operar la red de medición, versus los costos de seguir realizando las mediciones. Lo anterior quiere decir que la RHN se justifica en la medida que los costos de seguir manteniendo y operando la red nunca superen las pérdidas que se producen por no contar con las mediciones que ella proporciona.

III. PLAN DE MEJORAMIENTO DE LA RED HIDROMETRICA NACIONAL.

Uno de los objetivos planteados en este estudio corresponde a la propuesta de un plan de inversiones para la RHN destinado al mejoramiento de la red. La concepción de este plan resultó del examen de la red actual, estudios existentes, revisión de la experiencia internacional y la propia experiencia del consultor. El resultado obtenido corresponde a 11 programas tentativos, según se muestra a continuación, los cuales fueron sometidos a evaluación económica.

Programas de Mejoramiento de la RHN.

| RED | Programa | N° Est. | Inversión | | O&M | |
|---|--|--------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| | | | MM\$ Oct 2006 | MM US\$ Oct 2006 | MM\$ Oct 2006 | MM US\$ Oct 2006 |
| Fluviométrica | Cambio de Estaciones de registro Analógico a Digital. | 47 | 206,2 | 0,4 | 0,0 | 0,0 |
| | Aumento de Densidad de Estaciones Fluviométricas. | 147 | 2.850,0 | 5,4 | 431,3 | 0,8 |
| | Cambio de Estaciones de Registro Digital a Transmisión Satelital. | 164 | 794,4 | 1,5 | 0,0 | 0,0 |
| | Aumento de Densidad de Estaciones Fluviométricas para Control Extracciones. /1 | 100 | 923,2 | 1,7 | 293,4 | 0,6 |
| Hidrometeorológica | Aumento Densidad de Estaciones Pluviométricas. | 127 | 254,0 | 0,5 | 88,9 | 0,2 |
| | Aumento Densidad Estaciones Hidrometeorológicas con Medición de Temperatura. | 56 | 840,0 | 1,6 | 39,2 | 0,1 |
| | Cambio de Estaciones de Registro Digital a Transmisión Satelital. /2 | 170 | 330,5 | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| Calidad de Aguas | Aumento de Puntos de Muestreo y de Número de Muestras al Año. /3 | 430 | 34,1 | 0,1 | 165,1 | 0,3 |
| | Registro Continuo de Parámetros de Calidad. | 108 | 1.241,5 | 2,3 | 293,1 | 0,6 |
| | Biomonitoreo. /4 | 116 | 0,0 | 0,0 | 80,9 | 0,2 |
| | Monitoreo de Lagos. /4 | 16 | 0,0 | 0,0 | 21,1 | 0,0 |
| TOTAL | | 1.481 | 7.473,9 | 14,1 | 1.413,0 | 2,7 |
| Notas: /1 Programa complementario. Supone financiamiento por parte de canalistas. /2 150 estaciones hidrometeorológicas (MM\$175,5) junto con 20 rutas de nieve (MM\$155,0). /3 Inversión en ampliación de laboratorio. /4 Programa que no contempla inversiones, solo se trata de análisis de muestras. /5 Cifras en dólares utilizando tipo de cambio promedio mes de Oct 2006 \$/US\$ 530,95. | | | | | | |

III.1. Mejoramiento de la Red Fluviométrica.

El mejoramiento de esta red consta de cuatro programas orientados a obtener información de mayor cobertura, calidad y disponibilidad:

- Cambio de Estaciones de Registro Analógico a Digital,
- Cambio de Estaciones de Registro Digital a Transmisión Satelital,
- Aumento Densidad de Estaciones Fluviométricas, y
- Aumento de Estaciones Fluviométricas para Control de Extracciones.

a. Cambio de estaciones de registro analógico a digital.

Este programa considera la implementación de 47 estaciones con registro de datos digital, en aquellas que actualmente poseen registro analógico, entre las regiones primera a tercera.

b. Aumento densidad de estaciones fluviométricas.

El programa de aumento de densidad fluviométricas considera la implementación de 147 estaciones fluviométricas de tipo digital a lo largo de todo Chile.

c. Cambio de estaciones de registro digital a transmisión satelital.

Este programa considera la implementación de 164 estaciones con transmisión satelital que actualmente poseen registro digital, por sobre las 84 que existen actualmente. Se contempla su implementación a lo largo de todo Chile.

d. Aumento de estaciones fluviométricas para control de extracciones (Plan Complementario).

El programa de control de extracciones se ha concebido como un proyecto complementario, dirigido a usuarios de canales. Considera la instalación de 100 estaciones fluviométricas satelitales, para la obtención de datos en “tiempo real”, ubicada en los canales más importantes del país. Este programa supone financiamiento por parte de los canalistas.

III.2. Mejoramiento de la Red Hidrometeorológica.

Para la red hidrometeorológica se han definido tres programas de mejoramiento orientados a contar con información de mayor cobertura, calidad y disponibilidad:

- Aumento Densidad de Estaciones Pluviométricas,
- Aumento Densidad de Estaciones Hidrometeorológicas, y
- Cambio de Estaciones de Registro Digital a Transmisión Satelital.

a. Aumento densidad de estaciones pluviométricas.

Este programa considera la implementación de 127 estaciones pluviométricas.

b. Aumento densidad de estaciones hidrometeorológicas con medición de temperatura.

Este programa considera la implementación de 56 nuevas estaciones hidrometeorológicas de las más completas, distribuidas a lo largo de todo Chile.

c. Cambio de estaciones de registro digital a transmisión satelital.

Este programa considera en primer lugar, la implementación de 150 estaciones con transmisión satelital en aquellas que presenten registro digital. Estas se ubicarían a lo largo de todo Chile complementándose con la red pluviométrica.

Una segunda parte de este mejoramiento corresponde a la modernización de las Rutas de Nieve, para las cuales se han concebido mejoras para obtener datos en “tiempo real”. Se ha visualizado una actualización de 15 rutas de nieve y la implementación de 5 nuevas rutas, todas ellas con plataforma satelital.

III.3. Mejoramiento de la Red de Calidad de Aguas.

El mejoramiento de la red de calidad de aguas se traduce en la implementación de tres programas específicos para cursos superficiales y un mejoramiento a la red de monitoreo de lagos, todos orientados a dar cumplimiento a las futuras normas secundarias de calidad de aguas. Las mejoras asociadas a la red de cursos superficiales son:

- Aumento de Puntos de Muestreo y Número de Muestras al Año,
- Registro Continuo de Indicadores de Calidad, y
- Biomonitoreo (Usos de Indicadores Biológicos).

a. Aumento de puntos de muestreo y número de muestras al año.

Este programa considera el aumento de 1.527 muestras al año y 96 puntos de muestreo adicionales a los existentes. La implementación de este programa considera la ampliación del laboratorio de calidad de aguas de la DGA.

b. Registro continuo de indicadores de calidad.

Este programa considera la implementación de 108 estaciones automáticas para 30 cuencas a lo largo del país, todas ellas a ser equipadas con muestreadores automáticos. De este total, solamente 25 estaciones cuentan con equipos multiparámetros instalados, por lo que 83 estaciones deben ser implementadas con este tipo de equipamiento.

c. Biomonitoreo (Uso de indicadores biológicos).

El programa de uso de bioindicadores ha sido concebido con el uso de macroinvertebrados debido a su facilidad en el análisis y muestreo. Se definieron 116 puntos de toma de muestras ubicados en estaciones existentes (fluviométricas o de calidad). No es necesaria inversión en infraestructura. Se considera la toma de 2 muestras 4 veces al año.

d. Monitoreo de Lagos.

Este programa propone monitorear 16 lagos adicionales a la red existente, para lo cual se ha considerado realizar 4 campañas al año en 3 puntos de muestreo (estaciones) por lago, midiendo 14 parámetros en cada muestra. Esto da un total de 2.688 análisis al año.

IV. ANALISIS COSTO-BENEFICIO DE LA RED HIDROMETRICA NACIONAL.

El análisis costo-beneficio de los planes de mejoramiento de la red consideró en primer lugar una agrupación previa de ellos, debido a las economías de ámbito o escala que éstos presentaban. Esto es, la mayor eficiencia por utilizar las mismas instalaciones para obtener la medición de un parámetro adicional. En consecuencia, cada mejora individual dio forma a los siguientes programas de mejoramiento:

- Cambio registro analógico a digital en la Red Fluviométrica.
- Aumento densidad de la Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.
- Captura de datos en Tiempo Real en la Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.
- Mejoramiento Red de Calidad de Aguas.

IV.1. Programa de mejoramiento: Cambio registro analógico a digital en la Red Fluviométrica.

a. Costos del programa.

Los valores monetarios de los costos del programa corresponden a precios de mercado (precios privados) que incluyen IVA (19%), para lo cual es necesario además realizar las correcciones pertinentes para obtener su valor social. Así es como el valor total del programa estimado en MM\$206,2 a precios privados, tiene como valor social MM\$175,4.

Se ha considerado que los instrumentos se reemplazan cada 10 años (MM\$150,3 a valor social), y costos de operación y mantenimiento incrementales nulos.

No se contempló valor residual por cuanto los activos involucrados son muy específicos y de muy rápida obsolescencia por lo que su valor económico al final de su vida útil es casi nulo.

b. Beneficiarios del programa y sus beneficios.

Contar con una mejor calidad en la estadística disponible, se traduce en mejoras en todas aquellas actividades que utilizan los registros históricos para su desarrollo.

Dado que este programa afecta sólo a las regiones primera a tercera, el principal beneficiario que se identifica es la DGA para su función asignadora de derechos de agua.

Los beneficios han sido estimados a partir de la valorización de los derechos de agua de la zona, cuyos traspasos y traslados se considera serán materia de las próximas actividades de la DGA. Estos derechos se han estimado en una anualidad de MM\$17.087,7 a perpetuidad.

La mejora del programa permite reducir el error en la estimación de los caudales disponibles a distribuir en un 1,5% hacia el final del año 30, lo que equivale a una reducción anual de 0,05%. Esta ganancia es acumulativa año tras año, se aplica a la anualidad equivalente de los derechos valorizados, y en proporción al número de estaciones que se verán afectadas por la mejora (47 de 73).

El valor de presente de estos beneficios se ha calculado en MM\$631,0 (Oct. 2006).

c. Análisis Costo-Beneficio

El horizonte de análisis supuesto es de 30 años de operación del proyecto, lo cual en adición al año inicial de implementación da un horizonte total de 31 años para efectos de las estimaciones de valor presente. La implementación del programa se ha estimado que se realiza durante el año 2008, obteniéndose beneficios a partir del año siguiente momento en que las estaciones mejoradas entran en operación. Se ha supuesto que los flujos monetarios se obtienen todos al final de cada período, los cuales han sido descontados a la tasa social de descuento de 8%, obteniéndose los siguientes indicadores de rentabilidad.

Indicadores de Rentabilidad.

| Indicador | Valor |
|----------------------|--------------|
| VAN (MM\$, Oct 2006) | 338,9 |
| TIR (%) | 16,9% |
| B/C | 2,16 |
| Año Recua. | 13 |
| IVAN | 0,60 |

Los indicadores de rentabilidad para este programa son muy favorables, con un VAN de \$340 millones y una TIR de casi 17%. Esto se debe a que en las

zonas comprendidas entre la primera a tercera región se observa un alto valor del agua, reflejando la situación de escasez que existe en el lugar.

Mediante un análisis de sensibilidad se midió el efecto que se produce en los principales indicadores de rentabilidad del programa, al suponer ciertas variaciones en algunas variables de interés. En particular, por variabilidad en los costos de inversión y en los parámetros usados en la estimación de beneficios, cuyo resultado no hace variar la decisión de implementar el programa.

Para efectos de tener alguna estimación acerca de los posibles riesgos de invertir en este programa se ha desarrollado una simulación en base al análisis de Montecarlo, en el cual a cada parámetro de interés se le asigna una distribución de probabilidad y se simulan 1.000 extracciones simultáneas para cada uno de ellos. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Análisis de Riesgo.

| INDICADORES RENTABILIDAD | VALOR |
|---------------------------------|--------------|
| VAN promedio (MM\$) | 338,2 |
| Desv. Std. VAN (MM\$) | 39,9 |
| VAN mínimo (MM\$) | 228,6 |
| TIR promedio (%) | 16,8% |
| TIR mínima (%) | 14,0% |
| Prob. VAN > 0 | 99,9% |
| | |

Los indicadores de rentabilidad promedio siguen siendo muy favorables, más aún si se considera que la probabilidad de obtener un VAN positivo es de un 99,9% Este resultado indica que el programa es altamente recomendable, incluso bajo los supuestos de variabilidad considerados.

IV.2. Programa de mejoramiento: Aumento de densidad de la Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.

a. Costos del programa.

Los valores monetarios de los costos del programa corresponden a precios de mercado (precios privados) que incluyen IVA (19%), para lo cual es necesario realizar las correcciones pertinentes para obtener su valor social. Así es como el

valor total del programa estimado en MM\$3.944 a precios privados, tiene como valor social MM\$3.365.

Se ha considerado que los instrumentos se reemplazan cada 10 años (MM\$722,9 a valor social), y costos de operación y mantenimiento equivalentes a 14,3% de la inversión inicial.

No se contempló valor residual por cuanto los activos involucrados son muy específicos y de muy rápida obsolescencia por lo que su valor económico al final de su vida útil es casi nulo.

b. Beneficiarios del programa y sus beneficios.

Contar con una mejor calidad en la estadística disponible, se traduce en mejoras en todas aquellas actividades que utilizan los registros históricos para su desarrollo. En general, estas actividades corresponden a las de diseño y planificación. Los principales beneficiarios que se identifican para este programa se listan en el siguiente cuadro.

Beneficios del Programa Aumento Densidad Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.

| Beneficiario | Actividad | Beneficio | Valor Presente Beneficios (MM\$ Oct 2006) |
|---|---|---|---|
| CDEC-SIC | Programación Semanal de Abastecimiento de Energía. | Disminución del error en cálculo de CMg por disminución en el error en la estimación de los caudales generados. | 4.820 |
| Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) | Diseño de Embalses. | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 210 |
| | Diseño de Defensas Fluviales. | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 1.501 |
| | Diseño de Obras de Riego | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 1.189 |
| | Diseño de Evacuación Aguas Lluvias. | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 1.896 |
| Dirección de Vialidad (DV) | Diseño de Evacuación de Aguas Lluvias en Caminos. | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 613 |
| Sector Privado: Generación de Energía Hidroeléctrica. | Construcción Centrales de Embalse. | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 3.018 |
| | Construcción Centrales de Pasada. | Ahorros en inversión por disminución del error en la estimación de la variable de diseño. | 755 |
| Organizaciones de Usuarios (Regantes) | Distribución de agua según derechos de los asociados. | Ahorros por disminución del error en la estimación de los caudales de agua a distribuir. | 3.210 |
| Dirección General de Aguas (DGA) | Asignación Derechos de Agua. | Ahorros por reducción del error en la estimación de los caudales disponibles para ser asignados. | 1.655 |

Los beneficios se estimaron utilizando algunos parámetros, los que se describen someramente a continuación.

- CDEC-SIC: Los beneficios se han estimado considerando el impacto que produce la mejora del programa en el error que se pueda cometer con el modelo de despacho hidro-térmico utilizado en la programación de centrales generadoras para abastecer la demanda proyectada de energía.

- DOH y Vialidad: En el caso de las obras de infraestructura, los beneficios se estiman considerando el efecto que tiene el programa en la reducción del error de las variables de diseño y en consecuencia en el error de los valores de inversión. El cálculo incluyó la utilización de ciertas elasticidades, siendo éstas los principales parámetros de estimación.
- Privados – Construcción Centrales Hidroeléctricas: En este caso se utilizó como valor de la inversión, un precio estándar por MW instalado y una proyección de la capacidad a instalar por año para este tipo de centrales.
- Organizaciones de Usuarios: Los beneficios estimados suponen un mejoramiento en el error que se comete en la distribución del agua a los usuarios de los canales, el cual se ha valorizado considerando el precio del agua que ha utilizado la Superintendencia de Servicios Sanitarios en sus últimos procesos tarifarios y la demanda por agua para riego.
- DGA – Asignación de derechos: Los beneficios asociados a este beneficiario suponen una cierta cantidad de derechos de agua con los cuales se debe lidiar año a año, y como el programa disminuye el error en la estimación de caudales disponibles. Para ello se utilizó información de solicitudes de derechos consuntivos permanentes y el precio del agua que ha utilizado la Superintendencia de Servicios Sanitarios en sus últimos procesos tarifarios para su valorización.

c. Análisis Costo-Beneficio

El horizonte de análisis supuesto es de 30 años de operación del proyecto, lo cual en adición al año inicial de implementación da un horizonte total de 31 años para efectos de las estimaciones de valor presente. La implementación del programa se ha estimado que se realiza durante el año 2008, obteniéndose beneficios a partir del año siguiente momento en que las estaciones mejoradas entran en operación. Se ha supuesto que los flujos monetarios se obtienen todos al final de cada período, los cuales han sido descontados a la tasa social de descuento de 8%, obteniéndose los siguientes indicadores de rentabilidad.

Indicadores de Rentabilidad.

| Indicador | Valor |
|----------------------|-------|
| VAN (MM\$, Oct 2006) | 9.568 |
| TIR (%) | 15,6% |
| B/C | 2,03 |
| Año Recua. | 16 |
| IVAN | 2,44 |

Como se aprecia del cuadro, los indicadores de rentabilidad obtenidos indican que el programa de aumento de densidad de la red es rentable, con un VAN de \$9.568 millones y una TIR que supera el 15%.

Mediante un análisis de sensibilidad se midió el efecto que se produce en los principales indicadores de rentabilidad del programa, al suponer ciertas variaciones en algunas variables de interés. En particular, por variabilidad en los costos de inversión y en los parámetros usados en la estimación de beneficios. Los resultados obtenidos no cambian la decisión de implementar el programa.

Para efectos de tener una estimación acerca de los riesgos involucrados en invertir en el aumento de densidad de la red se ha desarrollado una simulación en base a análisis de Montecarlo. En este análisis, a cada parámetro de interés se le asigna una distribución de probabilidad y se simulan 1000 extracciones simultáneas de cada uno de ellos, obteniéndose los siguientes resultados principales.

Análisis de Riesgo.

| INDICADORES RENTABILIDAD | VALOR |
|--------------------------|--------|
| VAN promedio (MM\$) | 10.755 |
| Desv. Std. VAN (MM\$) | 1.285 |
| VAN mínimo (MM\$) | 7.380 |
| TIR promedio (%) | 16,2% |
| TIR mínima (%) | 13,8% |
| Prob. VAN > 0 | 99,9% |
| | |

Del cuadro se aprecia que los indicadores de rentabilidad promedio siguen siendo muy favorables, más aún si se considera que la probabilidad de obtener un VAN positivo es de un 99,9%. Este resultado indica que el programa es altamente recomendable, incluso bajo los supuestos de aleatoriedad considerados.

IV.3. Programa de mejoramiento: Captura de datos en tiempo real - Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.

Los valores monetarios de costos corresponden a precios de mercado (precios privados) que incluyen IVA (19%), para lo cual es necesario además realizar las correcciones pertinentes para obtener su valor social. Así es como el valor total del programa estimado en MM\$ 2.048 a precios privados, tiene como valor social MM\$1.742.

Se ha considerado que los instrumentos se reemplazan cada 10 años (MM\$1.176,5 a valor social), y costos de operación y mantenimiento equivalentes a 14,3% de la inversión inicial.

No se contempló valor residual por cuanto los activos involucrados son muy específicos y de muy rápida obsolescencia por lo que su valor económico al final de su vida útil es casi nulo.

a. Beneficiarios del programa y sus beneficios.

Contar con información en tiempo real implica utilizar los datos con fines de gestión de corto plazo. Es así como las decisiones pueden ir variando en la medida que se conozcan la variación de los parámetros de interés en forma continua. En el caso particular de la Red Fluviométrica o Hidrometeorológica, se podría contar con información horaria, lo que para todos los casos representa información en “tiempo real”.

Los principales beneficiarios de este programa corresponden a los que se listan a continuación.

Beneficios del Programa Captura de Datos Tiempo Real: Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.

| Beneficiario | Actividad | Beneficio | Valor Presente Beneficios (MM\$ Oct 2006) |
|--|---|---|--|
| CDEC-SIC | Revisión diaria de la programación semanal | Disminución del error en el pronóstico de los caudales de las centrales de pasada, por utilizar información del día anterior. | 1.214 |
| Organizaciones de Usuarios (Regantes). | Distribución de agua según derechos de los asociados. | Disminución del error en la estimación del caudal de agua a distribuir. | 11.945 |

Los beneficios se han estimado utilizando una serie de supuestos que se explican brevemente a continuación.

- CDEC-SIC: Los beneficios se han estimado considerando el impacto final que produce la mejora del programa en el error que se pueda cometer con el modelo de despacho hidro-térmico utilizado en la programación de centrales para abastecer la demanda proyectada de energía.
- Organizaciones de Usuarios: Los beneficios estimados suponen un mejoramiento en el error que se comete en la distribución del agua a los usuarios de los canales, el cual se ha valorizado considerando el precio del agua que ha utilizado la Superintendencia de Servicios Sanitarios en sus últimos procesos tarifarios y la demanda por agua para riego. Adicionalmente, se ha considerado que el acceso a la información satelital se hace en forma moderada, partiendo con un 15% del total de derechos hasta llegar a una tasa efectiva final del 75%.

b. Análisis Costo- Beneficio

El horizonte de análisis supuesto es de 30 años de operación del proyecto, lo cual en adición al año inicial de implementación da un horizonte total de 31 años para efectos de las estimaciones de valor presente. La implementación del programa se ha estimado que se realiza durante el año 2008, obteniéndose beneficios a partir del año siguiente momento en que las estaciones mejoradas entran en operación. Se ha supuesto que los flujos monetarios se obtienen todos al final de cada período, los cuales han sido descontados a la tasa social de descuento de 8%, obteniéndose los siguientes indicadores de rentabilidad.

Indicadores de Rentabilidad.

| Indicador | Valor |
|------------------|--------------|
| VAN (MM\$) | 7.693,0 |
| TIR (%) | 32,80% |
| B/C | 2,41 |
| Año Recup. | 5,00 |
| IVAN | 2,90 |

Como se aprecia del cuadro, los indicadores de rentabilidad obtenidos indican que el programa de captura de datos en tiempo real es altamente rentable, con un VAN de \$7.693 millones y una TIR que supera el 32%.

Mediante un análisis de sensibilidad se midió el efecto que se produce en los principales indicadores de rentabilidad del programa, al suponer ciertas variaciones en algunas variables de interés. En particular, por variabilidad en los costos de inversión y en los parámetros usados en la estimación de beneficios. El resultado que se obtuvo recomienda mantener la decisión de implementar el programa independiente de la magnitud y sentido de variación en los supuestos utilizados para la evaluación.

Para efectos de tener alguna estimación acerca de los posibles riesgos de invertir en este programa se ha desarrollado una simulación en base al análisis de Montecarlo, en el cual a cada parámetro de interés se le asigna una distribución de probabilidad y se simulan 1.000 extracciones simultáneas para cada uno de ellos. Los resultados obtenidos son los siguientes.

Análisis de Riesgo.

| INDICADORES RENTABILIDAD | VALOR |
|--------------------------|-------|
| VAN promedio (MM\$) | 7.737 |
| Desv. Std. VAN (MM\$) | 605 |
| VAN mínimo (MM\$) | 6.085 |
| Coef. Var. VAN (%) | 7,8% |
| TIR promedio (%) | 33,0% |
| TIR mínima (%) | 26,9% |
| Prob. VAN > 0 | 99,9% |
| | |

Del cuadro se concluye que la implementación del programa no debe postergarse.

IV.4. Programa de mejoramiento: Red de Calidad de Aguas.

a. Costos del programa.

El costo de este programa está estimado con una inversión de MM\$1.275,6 y costos de operación anuales de MM\$560. Los valores corresponden a precios de mercado (precios privados) que incluyen IVA (19%).

b. Beneficiarios del programa y sus beneficios.

Debido a la naturaleza de este programa, que como ya se ha dicho, ha sido diseñado sobre la base de dar cumplimiento a las Normas Secundarias de Calidad Ambiental de Aguas Superficiales Continentales, el principal beneficiario corresponde a la Comisión Nacional del Medioambiente, incluyendo las entidades fiscalizadoras que deba coordinar, en el ejercicio de velar por el cumplimiento de tales normas. La evaluación de este programa por tanto está íntimamente ligada a la evaluación de las normas secundarias de calidad. En este sentido, el programa de mejoramiento de la red de calidad de aguas es parte del costo en la evaluación económica de cada norma secundaria que se quiere emitir.

c. Análisis Costo-Beneficio: Aproximación.

El análisis costo-beneficios que corresponde realizar para recomendar la pertinencia o no de implementar los mejoramientos propuestos en este estudio, corresponde a la evaluación de la norma secundaria de calidad de aguas en sí para una cuenca en particular.

Un análisis al informe final del “Análisis Económico y Social de la Norma de Calidad Secundaria para la Protección de las Aguas Superficiales Continentales en la Cuenca del Maipo”, realizado por la CONAMA Región Metropolitana de Santiago en Junio del año 2006, indica, en lo relativo a la estimación de beneficios, que existe dificultad para realizar tal medición. El estudio de la CONAMA se centró en los beneficios de uso directo del recurso, determinándose finalmente que tales beneficios asociados a la norma no existían. No obstante, se señala también que se desconoce la existencia y magnitud económica de otra fuente de beneficios distintos al uso directo.

Un examen crítico al estudio en cuestión refleja la escasa información con que se cuenta para realizar un análisis costo-beneficio que juzgue la conveniencia económica de implementar normas de calidad. En efecto, las particularidades de

cada cuenca, los posibles valores de uso y no usos que puedan existir, hace que la utilización de indicadores medios no sea representativa.

La recomendación final al respecto implica estudiar en detalle los beneficiarios y beneficios caso a caso, o en su defecto plantear una metodología general simplificada para su medición que sea aplicada en cada evaluación de normas secundarias. Esta última opción aparece como de mayor conveniencia y atractivo, ya que se estaría entregando una herramienta única de valoración.

Finalmente, el programa de mejoramiento de la red de calidad que en este estudio se propone, es indicativo de las próximas inversiones y representan una recomendación sobre las necesidades a cubrir para tener una red de medición de calidad mínima, pero en ningún caso la económicamente óptima. Como se ha explicado, responden a dar cumplimiento con recomendaciones hechas en análisis previos y de revisar ciertos parámetros internacionales.

IV.5. Evaluación de la Red Actual.

Se ha considerado la comparación entre la situación de continuidad de dicha red y aquel escenario que contempla su “abandono” en el sentido de no operarla y discontinuar las mediciones.

Lo que interesa comparar entonces es el ahorro en los costos de mantener la red en condiciones de operación actual, y las pérdidas en el valor de los datos que se produce por efectos de contar con estadísticas cada vez menos confiables. En la medida que las pérdidas de valor que se evitan con la operación de la red sean mayores que los costos de mantenerla en funcionamiento, la racionalidad económica recomienda seguir con su operación. En caso contrario habría que revisar su operación y estudiar en detalle la conveniencia de que esta siga funcionando.

Se han considerado sólo las pérdidas para el sector infraestructura, las cuales han sido estimadas en MM\$ 25.253 al año, medido en términos de anualidad equivalente versus los MM\$3.250 que resultan de mantener operativa la red de medición (costos también anualizados). Esto quiere decir que la red está cumpliendo su objetivo en el sentido de entregar datos básicos para el desarrollo de las actividades de infraestructura del país. Aún si se considera que los costos de la red puedan haberse estimado con cifras provenientes del presupuesto de la DGA, y que por tal motivo pudieran considerarse subvalorados, se ve poco probable que dichos costos superen el ahorro de pérdidas. En efecto, la relación costo red v/s ahorro de pérdidas es casi de 1 a 8, por lo que la red actual está más que justificada. No obstante, esta situación está reflejando un escenario en donde

no existen alternativas de medición, algo que es poco probable que ocurra. Es de esperar que en el caso que la red deje de funcionar, los propios agentes de los distintos sectores tendrán la necesidad de generar sus propias estadísticas, lo que puede resultar de la implementación de estaciones de medición, o de la utilización de modelos que puedan recrear la información para diseño o al menos reducir los errores en sus estimaciones.

Para reflejar lo antes expuesto, se ha supuesto que ninguno de los actores deja que los errores aumenten más allá de un 25%. Esta situación arroja pérdidas que se valoran en MM\$9.590. Esto corresponde a casi 3 veces los costos anualizados de la red, por lo que la continuidad de su operación sigue justificándose.

V. ASPECTOS INSTITUCIONALES Y FINANCIAMIENTO.

V.1. Características económicas.

La Red Hidrométrica Nacional puede ser vista como una generadora exclusiva de datos estadísticos que sirven de materia prima para generar otros servicios de información en múltiples usos. Éstos, presentan ciertas características de bien público, en particular en la no rivalidad en su consumo, es decir, la utilización del dato por parte de un usuario no la sustrae del uso que otro pueda darle al mismo. Adicionalmente, un bien público se caracteriza por cumplir con el principio de no exclusión, es decir, no se puede excluir de su uso a los agentes que no pagan por el servicio, o en forma equivalente, el costo que se debe incurrir para poder excluir a quien no puede pagar es excesivamente alto.

Por otro lado, resulta razonable afirmar que existen algunas economías de escala y de alcance en la provisión de información que genera la RHN, que podrían considerarse como condiciones para la existencia de un monopolio natural.

Los servicios de información hidrométricas como los del SHN, se pueden clasificar en tres categorías:

- i. Sistema básico: El sistema básico lo conforma la infraestructura básica datos y productos, de los cuales dependen los servicios de información (como la RHN).
- ii. Servicios básicos: Son aquellos que se encuentran a libre disposición de los usuarios generalmente a través de los medios de comunicación. Ejemplo de este tipo de servicios son los pronósticos del tiempo y servicios de alerta climática.
- iii. Servicios especiales: Corresponden a los servicios de mayor valor agregado, que sirven para satisfacer necesidades específicas de usuarios particulares. El grado de rivalidad y exclusión determinan como deberían ser financiados, provistos y cobrados este tipo de servicios.

El cuadro siguiente muestra que, bajo ciertas condiciones, el sector privado aparece como un actor con cierto grado de interés en la provisión de servicios, lo que ocurre cuando los costos de exclusión son bajos.

Matriz de Clasificación Servicios Hidrométricos

| | | Grandes Economías de Escala | | Pequeñas Economías de Escala | |
|--------------------------------------|----------------------------------|---|--|------------------------------|--|
| | | Rivalidad en el Consumo | No Rivalidad en el Consumo | Rivalidad en el Consumo | No Rivalidad en el Consumo |
| Grandes Economías de Alcance | Altos Costos de Exclusión | NO APLICA | Servicios públicos básicos. Pronósticos del tiempo, alertas ambientales, información climatológica, etc. | NO APLICA | Puede que se de sólo en algunos casos. |
| | Bajos Costos de Exclusión | NO APLICA | Servicios de suscripción por Internet, por Fax, etc. Potenciales servicios de valor agregado provistos por el sector privado. | NO APLICA | Potenciales servicios de valor agregado provistos por el sector privado. |
| Pequeñas Economías de Alcance | Altos Costos de Exclusión | NO APLICA | | NO APLICA | |
| | Bajos Costos de Exclusión | Existencia probable del sector privado. | Servicios específicos para servicios de emergencias. | NO APLICA | Potenciales servicios de valor agregado provistos por el sector privado. |

Fuente: Adaptación de Gunasekera (2004), "Economic issues relating to meteorological services provision", BMRC Research Report N°102".

Según Gunasekera (2004) existen al menos 5 aspectos relevantes a los cuales hay que poner atención al decidir la opción de cómo proveer información meteorológica a los usuarios.

- Distinguir los tipos de servicios requeridos y sus características de bienes públicos, mixtos o privados.
- Para aquellos servicios con características simultáneas de bienes públicos y monopolio natural, resulta lógico que sea el estado quien los produzca o compre, previas consideraciones sociales y económicas.
- Al parecer los servicios de información, con características de bienes privados o mixtos, presentan propiedades de monopolio natural, por lo

que se debería considerar la provisión por parte de un monopolio estatal o privado, en ambos casos bien regulados.

- La información siempre tiene la propiedad de **no exclusión**, por lo tanto, para poder hacer una discriminación por precio, hay que analizar la factibilidad y costo de poder excluir a quienes no pueden pagar, y para algunos compradores conocer su disponibilidad al pago.
- Los servicios con características de bienes mixtos es preferible que no sea provista por un privado, a menos que existan bajos costos de exclusión.

V.2. Externalización de los servicios asociados a la RHN.

V.2.1. Aspectos económicos.

La posibilidad de externalización de los servicios asociados a la RHN, puede ser analizada según los servicios que actualmente genera.

La infraestructura básica, incluyendo sus datos, podrían presentar características de monopolio natural, por lo que un solo proveedor debería ser quien los produzca. Este puede ser el estado o un proveedor privado en la medida que se pueda asegurar que este tendrá una recuperación adecuada de los costos. Éste debe regularse de forma tal de evitar pérdidas económicas sociales no deseadas, tanto el funcionamiento como el nivel de tarifas.

Por su parte, los datos (información) tienen características de bienes mixtos o semi-públicos, cumpliéndose la propiedad de no-rivalidad, pero no siempre la de no-exclusión, por lo que es posible hacer una discriminación por precio en algunos casos.

Suponiendo que es un proveedor privado quien se hace cargo de la infraestructura y generación de datos básicos (estadísticas), debe tenerse en cuenta que:

- El Estado debe asegurar que se dispongan de los datos que sirven de insumo para servicios de información de interés público.
- Si es el Estado el que genera los servicios de interés público sería éste quién compraría los datos básicos necesarios para su producción.
- El resto de los servicios que se puedan discriminar por precio, deberían ser provisto por entidades privadas quienes comprarían los datos básicos al proveedor privado.
- Todos los usuarios que necesiten datos, incluyendo el Estado, serían clientes de esta entidad privada.

- El proveedor privado de datos básicos de la RHN debe ser adecuadamente regulado para evitar que se ejerzan los indeseables poderes monopólicos, con la eventual subproducción de datos a un costo mucho mayor del socialmente deseado.
- Podrían surgir otros negocios de mayor valor agregado.

En una segunda categoría se encuentran los servicios básicos, como pueden ser los pronósticos de crecidas, de tormentas, etc. En general, estos servicios tienen características de bienes públicos por lo que sería adecuado que el estado sea quien siga a cargo de ellos. Por estos servicios no se cobra, se garantiza que existe sólo una voz oficial al respecto, y se asegura el acceso al público en general. En caso que la infraestructura y datos básicos sean provistos por un privado, el estado le compra estos datos.

Los servicios de mayor valor agregado pueden ser vistos como productos “a la medida”, con valor económico sólo para quién lo solicita. Estos a su vez no pueden ser usados por otro agente. Siempre es posible excluir a quién no pueda pagar por este tipo de servicios de uso tan específico. Por lo tanto, el mercado debiera hacerse cargo de éstos. Al existir tal mercado, su producción necesitaría datos básicos, por lo cuales se pagaría.

A la luz de los análisis realizados, parece razonable pensar en una posible externalización de parte de la RHN. En forma preliminar pudiera ser que la infraestructura de redes orientadas a la caracterización de los caudales y sus datos, sea provista por un proveedor privado. En parte por que se han identificado algunos beneficiarios específicos que tendrían alguna disposición a pagar, como sería el caso de las sociedades de canalistas y aparentemente el CDEC-SIC.

V.2.2. Aspectos legales.

Las principales conclusiones de este análisis dicen relación con la existencia de argumentos que pueden entregar señales en el sentido de externalizar o no hacerlo.

En efecto, pareciera que no resultarían delegables en terceros ni la mantención ni la operación del Servicio Hidrométrico Nacional, en lo referido al dato propiamente tal, como tampoco aquellas labores propias destinadas a proporcionar y publicar la información correspondiente que se obtenga de ellos, en la medida que se entienda que corresponde a un servicio de fiscalización.

Por otro lado, constituyen labores que la DGA está facultada para radicar en uno o más organismos o empresas del sector privado, el encargar la construcción, implementación y operación de las obras de medición e investigación que se requieran para el correcto y oportuno funcionamiento de las diversas redes que componen el sistema hidrométrico nacional.

Un análisis en derecho más acabado debiera resolver sobre la factibilidad legal de poder externalizar la Red Hidrométrica Nacional o no.

V.3. Relación de la DGA con otras redes.

La RHN, ya sea en forma directa o indirecta, tiene una relación con la Dirección Meteorológica de Chile, la Armada de Chile y ENDESA. Todas estas tienen infraestructura relacionada con mediciones hidrométricas y meteorológicas que se utilizan para fines distintos y/o complementarios a los de la DGA.

Con respecto a la Armada de Chile, quien realiza cierto tipo de mediciones por medio de su Servicio Hidrográfico y Oceanográfico (SHOA), no es posible considerar que exista una duplicidad de funciones. Un eventual traspaso de la gestión de la infraestructura de la RHN a un operador privado no se vería interferido por este efecto.

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) tiene un Convenio de Colaboración en el cual se obligan mutuamente, entre otras cosas, a intercambiar información meteorológica básica.

Por otro lado, la DMC tendría una tendencia natural a priorizar el servicio aeronáutico por sobre las demás actividades de esta área, esto es la meteorología no aeronáutica y la climatología aplicada². Esto indicaría una subutilización de la infraestructura a nivel país.

Por lo tanto, en una eventual incorporación del traspaso de privados en la provisión y gestión de la infraestructura de la RHN, habría que tomar en cuenta estos dos aspectos. El primero por que parte de los datos pueden provenir de infraestructura de la DMC, y el segundo, que se puede obtener un rendimiento mayor a la red meteorológica si son utilizada para fines más diversos.

² Conclusiones que se extraen del “Informe Final Evaluación Comprehensiva del Gasto - Dirección General de Aeronáutica Civil - Ministerio de Defensa”, Febrero 2004, elaborado por la Dirección de Presupuestos del Ministerio de Hacienda.

La solución a priori no es para nada trivial, tanto así que uno de los principales argumentos para que la red sea operada por el Estado es justamente preservar que estos servicios tan críticos, como puede ser la meteorología aeronáutica, no puedan quedar dependiendo de datos que generen terceros.

ENDESA, por su parte entregó en comodato su infraestructura de medición de caudales (estaciones fluviométricas) a la DGA para que esta última las opere y mantenga a cambio de que se entregue a ENDESA los datos que esta requiera sin costo. Una eventual incorporación de privados en la provisión y gestión de la infraestructura de la RHN, traería consigo conflicto de intereses por cuanto parte de la Red Fluviométrica es propiedad de ENDESA.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

En primer lugar, el marco teórico planteado inicialmente como base para la estimación de beneficios sugiere la utilización de modelos Bayesianos complejos, utilizados para medir sistemas de pronósticos. No obstante, la RHN y sus productos básicos, estadística y datos en tiempo real, no es un sistema de pronósticos en sí, sino que es la generadora de estadística hidrometeorológica, insumo para su realización.

La definición de la metodología de medición tomó en cuenta la función generadora de estadística de la RHN, y como al contar con mayores datos y de mejor calidad se genera un impacto en la disminución en los errores de estimación de ciertas variables. Luego, la metodología propuesta intenta medir esta disminución (o ganancia de precisión) en términos monetarios, que en definitiva corresponde a los beneficios de contar con los datos de la RHN. Al respecto, resultó natural distinguir decisiones asociadas a inversión, gestión y las destinadas a la mitigación de pérdidas, generando para cada una de ellas una metodología en particular que estuviera acorde al alcance, tiempos y nivel de complejidad de este estudio.

El diseño de los planes de mejoramiento de la Red Hidrométrica tomó como base el análisis de estudios existentes, la situación internacional de redes de medición, y la experiencia del propio consultor. En general el criterio utilizado se basó en completar las redes propuestas en estudios anteriores y cumplir con ciertos estándares internacionales. La propuesta consiste básicamente en realizar mejoras a la Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica y un plan de mejoramiento de la red de Calidad de Aguas orientado al cumplimiento de las normas secundarias de calidad. Los planes que surgieron son del orden de MM\$7.473,9 (US\$14,1 millones), y corresponden a:

- Red Fluviométrica.
 - Cambio de Estaciones de registro Analógico a Digital.
 - Aumento de Densidad de Estaciones Fluviométricas.
 - Cambio de Estaciones de Registro Digital a Transmisión Satelital.
 - Aumento de Densidad de Estaciones Fluviométricas para Control Extracciones. (Programa Complementario – Supone financiamiento por parte de los Canalistas).

- Red Hidrometeorológica.
 - Aumento Densidad de Estaciones Pluviométricas.
 - Aumento Densidad Estaciones Hidrometeorológicas con Medición de Temperatura.
 - Cambio de Estaciones de Registro Digital a Transmisión Satelital.
- Red de Calidad de Aguas
 - Aumento de Puntos de Muestreo y de Número de Muestras al Año.
 - Registro Continuo de Parámetros de Calidad.
 - Biomonitorio.
 - Monitoreo de Lagos.

El costeo de las mejoras propuestas tiene sustento en el análisis realizado a las redes actuales y se basó en información presupuestaria de los años 2004 y 2005. Al tratarse de datos del presupuesto, las cifras que se recogieron, no necesariamente reflejan costos de la red. Estos pudieran estar subestimados en la medida que el presupuesto sea menor a los requerimientos de la red.

El registro presupuestario no está orientado a una contabilidad de costos, por lo que hubo que hacer una serie de supuestos que permitieran realizar una prorrata razonable para poder separar la información de costos por red.

La identificación de los principales beneficiarios de la RHN tomó como base la realización de entrevistas, investigación en sitios Web, reportes de la OMM (N°717, 1990) y la “Encuesta a Otros Servicios e Instituciones” realizada por la DGA en el año 2005, seleccionando a aquellos que tuvieran una relevancia importante desde el punto de vista de la actividad económica.

Algunos de los planes de mejoramiento de la red presentan economías de ámbito, es decir, utilizan la misma infraestructura para realizar diferentes mediciones. La racionalidad económica indica que es más eficiente realizar en forma conjunta aquellos planes que presentan esta característica. Al respecto, se realizó una agrupación entregando como resultado los siguientes programas de mejoramiento para su posterior evaluación.

- Cambio de registro analógico a digital en la Red Fluvimétrica,
- Aumento de la densidad de estaciones en la Red Fluvimétrica e Hidrometeorológica,
- Cambio a estaciones con plataforma satelital en la Red Fluvimétrica e Hidrometeorológica,

Para cada uno de ellos se estimaron sus costos y beneficios. La construcción de flujos se realizó sobre la base de un horizonte de 30 con una tasa de descuento de 8% (tasa social de descuento calculada por MIDEPLAN), encontrándose los siguientes indicadores de rentabilidad.

Indicadores de Rentabilidad

| INDICADORES DE RENTABILIDAD | P1 | P2 | P3 |
|--|--------|--------|---------|
| VAN (MM\$) | 338,9 | 9.568 | 7.693,0 |
| TIR (%) | 16,90% | 15,60% | 32,80% |
| B/C | 2,16 | 2,03 | 2,41 |
| Año Recua. | 13 | 16 | 5,00 |
| IVAN | 0,6 | 2,44 | 2,90 |
| Notas: P1: Cambio de registro analógico a digital en la Red Fluviométrica P2: Aumento de la densidad de estaciones en la Red Fluviométrica e Hidrometeorológica P3: Cambio a estaciones con plataforma satelital en la Red Fluviométrica e Hidrometeorológica | | | |

Como se observa del cuadro anterior, todos los programas son altamente rentables, presentando valores en el VAN de los beneficios netos que se encuentran entre los MM\$338,9 y MM\$9.568. El valor de las TIR supera en todos los casos el 15%, observándose en todos los programas una relación beneficio-costos superior a 2.

Adicionalmente, se realizó un análisis de riesgo para medir el impacto en los indicadores de rentabilidad al someter los parámetros utilizados en la evaluación a supuestos de variabilidad. Se encontraron los siguientes resultados.

| INDICADORES DE RENTABILIDAD | P1 | P2 | P3 |
|--|-------|--------|-------|
| VAN promedio (MM\$) | 338,2 | 10.755 | 7.737 |
| Desv. Std. VAN (MM\$) | 39,9 | 1.285 | 605 |
| VAN mínimo (MM\$) | 228,6 | 7.380 | 6.085 |
| TIR promedio (%) | 16,8% | 16,2% | 33,0% |
| TIR mínima (%) | 14,0% | 13,8% | 26,9% |
| Prob. VAN > 0 | 99,9% | 99,9% | 99,9% |
| Notas: P1: Cambio de registro analógico a digital en la Red Fluviométrica P2: Aumento de la densidad de estaciones en la Red Fluviométrica e Hidrometeorológica P3: Cambio a estaciones con plataforma satelital en la Red Fluviométrica e Hidrometeorológica | | | |

Como se ve del cuadro, los valores de los indicadores de rentabilidad VAN y TIR presentan valores robustos, en el sentido que reafirman la decisión de implementar los programas de mejoramiento de la red. La probabilidad de obtener un VAN positivo es en todos los casos de un 99,9%.

En el caso de existencia de restricción presupuestaria, el indicador IVAN permite discriminar al respecto entregando una medida de priorización. Tal restricción puede dar origen a un cronograma de inversiones, dependiendo si los recursos disponibles no permiten la implementación total de ellos en forma inmediata.

Según los valores obtenidos para el indicador IVAN, se recomienda la ejecución de los programas según el siguiente orden de preferencia:

- Programa cambio a estaciones con plataforma satelital.
- Programa aumento de densidad de estaciones.
- Programa cambio registro analógico a digital.

El análisis de la red de calidad de aguas, en cuanto a la evaluación económica de su programa de mejoramiento, indica que se requiere contar con mayor información. En efecto, este programa ha sido concebido tomando en consideración la implementación de las futuras Normas Secundarias de Calidad Ambiental de Aguas Superficiales Continentales, por lo cual la evaluación económica del mejoramiento de esta red pasa por la evaluación económica de la norma que se pretende dictar. De esta manera, los mejoramientos propuestos corresponden a parte de los costos de fiscalización y monitoreo. Un examen de los antecedentes disponibles indica la falta de información para realizar una buena estimación de beneficios. Es así como el estudio “Análisis Económico y Social de la Norma de Calidad Secundaria para la Protección de las Aguas Continentales Superficiales en la Cuenca del Maipo” no ha podido entregar un valor de ellos. En parte, por la dificultad técnica de medir algunos beneficios, como a los recursos disponibles para su realización. Lo propio sucede en este caso, ya que el trabajo necesario para realizar estimaciones adecuadas escapa al alcance de este estudio. Luego, la recomendación natural corresponde a realizar las evaluaciones de éstas mejoras en el ámbito del estudio socioeconómico de las redes secundarias, o como alternativa, realizar una metodología general de medición de beneficios asociados a normas secundarias, como instrumento único y estandarizado de estimación.

La evaluación de la red actual consideró la comparación de los escenarios de continuidad de operación de la red, esto es seguir midiendo y manteniéndola, versus aquel en que la función de medir, operar y mantener es suspendida. Seguir

con las mediciones evitaría el aumento en los errores en la estimación de variables de diseño en infraestructura, y en consecuencia pérdidas económicas. Luego, si estas pérdidas son superiores a los costos de seguir operando la red, esta se da por justificada. En efecto, los resultados apuntan a que la red se justifica plenamente. Los ahorros bajo los supuestos considerados en este estudio, arrojan pérdidas evitadas del orden de MM\$9.500 al año (medidas como anualidad equivalente), con costos anuales de la red de MM\$3.250.

Un aspecto interesante que fue abordado en este estudio corresponde a la institucionalidad de la RHN, orientada a la posibilidad de externalizar la RHN y los servicios de generación de estadísticas. Se analizaron aspectos económicos y legales. Desde el punto de vista económico se aprecia que la infraestructura básica y sus datos tendrían características de monopolio natural, por lo cual es deseable que este servicio sea provisto por un solo agente, por supuesto que adecuadamente regulado, tanto en su funcionamiento como en el nivel de tarifas.

Por otro lado, el análisis legal indica que existen argumentos como para no realizar una externalización de la operación y mantenimiento de la RHN. Sin embargo, del mismo análisis puede interpretarse que sí hay espacio para la incorporación de un privado, por cuanto el propio Código de Aguas considera que la DGA tiene la facultad para *“encomendar a empresas u organismos especializados...la construcción, implementación y operación de las obras de medición e investigación que se requiera”*.

Por supuesto, la pertinencia de incorporar un proveedor privado, ya sea a través de un convenio o una concesión, tiene que ser materia de un estudio profundo y acabado.