

## INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	A8.5
II.	ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS.....	A8.5
II.1.	Programa de Mejoramiento: Cambio Registro Analógico a Digital - Red Fluviométrica.....	A8.5
II.1.1.	Estimación de Beneficios: Dirección General de Aguas (DGA).....	A8.5
II.2.	Programa de mejoramiento: Aumento de densidad de la Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.....	A8.11
II.2.1.	Impacto de la densificación de las redes.....	A8.12
II.2.2.	Estimación de Beneficios: CDEC-SIC.....	A8.14
II.2.3.	Estimación de Beneficios: Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).....	A8.18
II.2.4.	Estimación de Beneficios: Dirección de Vialidad.....	A8.31
II.2.5.	Estimación de Beneficios: Sector Privado: Generación de Energía Hidroeléctrica.....	A8.34
II.2.6.	Estimación de Beneficios: Organizaciones de Usuarios (regantes en general).....	A8.37
II.2.7.	Estimación de Beneficios: Dirección General de Aguas (DGA).....	A8.41
II.3.	Programa de Mejoramiento: Captura de datos en tiempo real - Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.....	A8.46
II.3.1.	CDEC-SIC.....	A8.47
II.3.2.	Organizaciones de Usuarios (regantes en general).....	A8.51
II.4.	Evaluación Red Actual.....	A8.53



## **I. INTRODUCCIÓN.**

En este anexo se presenta el detalle de la estimación de beneficios producto de los programas de mejoramiento que se han propuesto se realicen sobre la Red Hidrométrica Nacional<sup>1</sup>.

Para cada programa se han listado los beneficiarios que se verían favorecidos con las mejoras, y cuales han sido los beneficios estimados.

## **II. ESTIMACIÓN DE BENEFICIOS.**

### **II.1. Programa de Mejoramiento: Cambio Registro Analógico a Digital - Red Fluviométrica.**

El programa consiste en implementar 47 estaciones con registro digital en la primera, segunda y tercera región, reemplazando aquellas con registro analógico. De esta forma se contaría con una mejor calidad en la estadística disponible, lo que se traduce en mejoras en todas aquellas actividades que utilizan los registros históricos. En particular, este programa se orienta a la reducción del error en la estimación de los caudales disponibles para ser asignados por la DGA. Esta actividad será de lo más crítica en la zona durante los próximos años, ya que dada la casi nula factibilidad de entregar nuevos derechos, se prevé una creciente actividad en los traslados de derechos.

#### *II.1.1. Estimación de Beneficios: Dirección General de Aguas (DGA).*

La Dirección general de Aguas, a través del Departamento de Administración de Recursos Hídricos, está encargado, entre otras cosas, de resolver sobre la solicitud de derechos de aguas. Esta labor requiere en forma inevitable de información de caudales, por lo que una mejora en las estadísticas disponibles impactará directamente en el resultado de esta tarea. En este sentido, el beneficio debido al programa está asociado a la disminución del error en estimar los caudales disponibles a ser asignados. En efecto, entregar más derechos de agua que los disponibles genera una situación no deseada, ya que inevitablemente se producirán conflictos entre los tenedores de derechos cuyos

---

<sup>1</sup> El Anexo N°2 "Propuesta de Mejoramiento de Redes, presenta el detalle de la propuesta de mejoramientos que se han propuesto para la RHN.

requerimientos asegurados nominalmente (en el papel) no van a poder ser cubiertos. En la situación contraria, es decir, cuando los derechos asignados son menores que los realmente disponibles, se estaría coartando la posibilidad de generar nuevas actividades con el agua disponible que no fue asignada. En ambos casos existe un perjuicio que puede ser disminuido al tener mayor y mejor información.

Por otra parte, las regiones primera a tercera, presentan un grado de asignación de recursos cercano al 100%. En algunos lugares puede que sea factible la asignación de nuevos recursos, no sin antes realizar un exhaustivo análisis de disponibilidad. En este escenario, la función futura de la DGA tendrá que ver más con resolver acerca de nuevos traslados que con la función asignadora.

El impacto del programa se estima considerando que, de acuerdo a la experiencia, las estaciones con data-logger presentan una menor pérdida de información debido a que no requieren de pozos limnigráficos, como sucede con los sistemas con flotador, los que frecuentemente se embancan. Aunque los resultados son variables, de acuerdo a los registros del año 2005, los sistemas con data-logger mostraron en promedio del orden del 5% de menor pérdida de registros. Este valor del 5% se considerará como representativo del efecto del cambio sobre la longitud de los registros.

Si se acepta que una estadística de 30 años es completamente representativa de las propiedades estadísticas de las series hidrológicas, interesa determinar la pérdida de información que significa un 5% de menor longitud estadística, es decir el uso de una estadística de 28.5 años en lugar de una de 30 años. Para la estimación de los caudales de probabilidad de excedencia del 85%, aunque se aprecia bastante dispersión en los resultados en las sensibilizaciones efectuadas<sup>2</sup>, se utiliza finalmente el valor 1% al año de pérdida de registro.

De este modo, el impacto en el año 30 sería de 1,5%, equivalente a una reducción del error de 0,05% por año desde que se implementa el programa, y en proporción al número de estaciones que se ven afectadas por el programa (47 de 73).

Una medida monetaria de este beneficio consistiría en medir la disminución de este error utilizando para ello el precio del agua.

---

<sup>2</sup> Ver Anexo N°3. Análisis de Variabilidad (Sensibilidad) de Variables Hidrológicas.

Si  $(Q - \Delta Q)$  corresponden a la estimación de los caudales disponibles que calcula la DGA, incluido su nivel de error porcentual  $(\Delta)$ , y P el valor del agua, la valorización de estos caudales serán iguales a  $P \times (Q - \Delta Q)$ <sup>3</sup>. Una reducción en el error de estimación de estos caudales igual a " $\alpha$ " tendrá un impacto en el valor de los derechos igual a  $P \times [Q - (\Delta - \alpha) \times Q]$ . Luego, al aplicar las diferencias respectivas se tiene que los beneficios producto del programa resultan de la expresión  $\alpha \times P \times Q$ , donde  $P \times Q$  es el valor de los derechos de agua disponibles.

Del análisis de la estadística de solicitudes de nuevos derechos para el período 2004-2006, y considerando el valor del agua cruda obtenida de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) utilizados en las últimas fijaciones de tarifas, se tiene que el volumen de derechos medidos en términos monetarios que tendrá que manejar la DGA en la zona es de MM\$213.597. Esta cifra se obtiene de sumar las solicitudes de derechos superficiales y subterráneos que en promedio se han observado en los últimos tres años, según se consigna en el siguiente cuadro.

---

<sup>3</sup> Se ha supuesto que la DGA escoge el nivel inferior del intervalo de confianza  $Q \pm \Delta Q$ , es decir, el valor  $Q - \Delta Q$ .

**Cuadro N°1. Valorización Solicitudes de Derechos de Agua I a III Región.**

<b>Derechos Superficiales Solicitados</b>				
Región	I	II	III	TOTAL
Precio a Dic 2005 MM\$(l/s) /*	19,7	27,9	21,1	
Derechos (l/s)				
2004	1,0	4.684,0	964,6	5.649,6
2005	950,0	1.723,0	14,0	2.687,0
2006 /**	338,0	4.967,2	4,8	5.310,0
Valor Derechos (MM\$ Oct 2006)				
2004	20,0	133.948,6	20.853,4	154.821,9
2005	19.162,4	49.272,7	302,7	68.737,8
2006 /***	8.181,3	170.456,7	125,3	178.763,3
Promedio (MM\$)	9.121,2	117.892,7	7.093,8	134.107,7
<b>Derechos Subterráneos Solicitados</b>				
Región	I	II	III	TOTAL
Precio a Dic 2005 MM\$(l/s)	11,9	27,9	1,4	
Derechos (l/s)				
2004	813,4	2.170,2	1.637,0	4.620,5
2005	1.257,8	2.795,1	1.293,2	5.346,2
2006 /**	2.144,6	954,1	1.808,2	4.906,9
Valor Derechos (MM\$ Oct 2006)				
2004	9.901,1	62.059,9	2.309,6	74.270,5
2005	15.311,4	79.931,6	1.824,6	97.067,6
2006 /***	31.327,0	32.740,2	3.061,3	67.128,5
Promedio (MM\$)	18.846,5	58.243,9	2.398,5	79.488,9
Notas: /* Precio agua cruda fuente superficial, calculada como el promedio entre el valor de la II región (MM\$27,9) y de la IV región (MM\$14,3). /** Considera los derechos solicitado hasta octubre de 2006. /*** Valor anualizado utilizando el factor 12/10 aplicado a los derechos del 2006 que contienen solamente 10 meses (octubre). IPC Dic 2005: 121,12. IPC Oct 2006: 124,32.				

Fuente: Elaboración propia con base a información de registros de solicitudes tomada de la página Web de la DGA [www.dga.cl](http://www.dga.cl).

Como se aprecia del cuadro, para la zona bajo análisis, las solicitudes de derechos de aguas superficiales por año se han valorado en MM\$134.108 y para las solicitudes de derechos de aguas subterráneas en MM\$79.489, lo que da un total de MM\$213.597.

Con la estimación de la reducción de errores y los derechos valorizados es posible entonces realizar la estimación de beneficios. Una consideración importante es que los derechos de agua son a perpetuidad, por lo que su valor ya está en términos de valor presente. Para efectos de incluir estos beneficios como flujos, se ha considerado tomar una anualidad equivalente a perpetuidad con una tasa de 8% igual a la tasa de descuento utilizada para la evaluación socioeconómica del programa. En consecuencia, los MM\$213.597 corresponden a un flujo anual perpetuo de MM\$17.088.

Los beneficios para los próximos 30 años, a partir del primer año de entrada en operación de las estaciones reacondicionadas se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro N°2. Flujo de Beneficios: DGA Asignación Derechos de Agua.**

<b>Año</b>	<b>Anualidad Derechos de Agua (MM\$ Jun 2006)</b>	<b>Reducción de Error al Año (%)</b>	<b>Beneficios (MM\$ Oct 2006)</b>
2009	17.088	0,05%	5,5
2010	17.088	0,10%	11,0
2011	17.088	0,15%	16,5
2012	17.088	0,20%	22,0
2013	17.088	0,25%	27,5
2014	17.088	0,30%	33,0
2015	17.088	0,35%	38,5
2016	17.088	0,40%	44,0
2017	17.088	0,45%	49,5
2018	17.088	0,50%	55,0
2019	17.088	0,55%	60,5
2020	17.088	0,60%	66,0
2021	17.088	0,65%	71,5
2022	17.088	0,70%	77,0
2023	17.088	0,75%	82,5
2024	17.088	0,80%	88,0
2025	17.088	0,85%	93,5
2026	17.088	0,90%	99,0
2027	17.088	0,95%	104,5
2028	17.088	1,00%	110,0
2029	17.088	1,05%	115,5
2030	17.088	1,10%	121,0
2031	17.088	1,15%	126,5
2032	17.088	1,20%	132,0
2033	17.088	1,25%	137,5
2034	17.088	1,30%	143,0
2035	17.088	1,35%	148,5
2036	17.088	1,40%	154,0
2037	17.088	1,45%	159,5
2038	17.088	1,50%	165,0

Notas:  
 /\* Corresponde a  $P \times Q$  en la expresión de estimación de beneficios.  
 /\* Corresponde a  $\alpha$  en la expresión de estimación de beneficios.  
 /\* Corresponde a la evaluación de la expresión  $\alpha \times P \times Q$ , utilizada para la estimación de beneficios del programa.

Fuente: Elaboración Propia.

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

El programa de aumento de densidad considera la implementación de 147 estaciones fluviométricas de tipo digital, la implementación de 127 estaciones con pluviómetros y 56 nuevas estaciones hidrometeorológicas avanzadas (climatológicas).

Estos mejoramientos permiten contar con una mejor calidad de la estadística disponible, lo que se traduce en mejoras en todas aquellas actividades que utilizan los registros históricos para su desarrollo.

Los principales beneficiarios que se identifican para este programa de mejoramiento se listan en el siguiente cuadro.

**Cuadro N°3. Beneficios del Programa Aumento Densidad Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.**

Beneficiario	Actividad	Beneficio
CDEC-SIC	Programación Semanal de Abastecimiento de Energía.	Disminución del error en la estimación del valor estratégico del agua. (Costos Marginales de las centrales de embalse).
Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)	Diseño de Embalses.	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
	Diseño de Defensas Fluviales.	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
	Diseño de Obras de Riego	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
	Diseño de Evacuación Aguas Lluvias.	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
Dirección de Vialidad (DV)	Diseño de Evacuación de Aguas Lluvias en Caminos.	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
Sector Privado: Generación de Energía Hidroeléctrica.	Construcción Centrales de Embalse.	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
	Construcción Centrales de Pasada.	Disminución del error en la estimación de la variable de diseño.
Organizaciones de Usuarios (Regantes)	Distribución de agua según derechos de los asociados.	Disminución del error en la estimación de los caudales de agua a distribuir.
Dirección General de Aguas (DGA)	Asignación Derechos de Agua.	Reducción del error en la estimación de los caudales disponibles para ser asignados.

Fuente: Elaboración Propia.

### *II.2.1. Impacto de la densificación de las redes.*

Para estimar el impacto de la densificación de las redes es necesario generar un indicador único que refleje dicha mayor densidad, ya que se trata de redes que miden parámetros de distinta naturaleza (Q, P, T), los que se emplean aislada o conjuntamente en los cálculos hidrológicos. Con este propósito se considerará el mejoramiento que separadamente producen en la estimación de los caudales los respectivos mejoramientos de densidad, y posteriormente se ponderará cada uno de ellos por un factor que refleje su importancia en los procedimientos en uso en el país. Al respecto hay que considerar que para evaluar la disponibilidad de recursos hídricos o los caudales de crecida, la ingeniería hidrológica emplea una amplia gama de procedimientos. En efecto, puede utilizar directa o indirectamente sólo estadísticas de caudales, en otros casos emplea información de precipitación y/o temperatura como complemento a los datos de caudales y finalmente en otras situaciones utiliza exclusivamente dicha información meteorológica. En lo que sigue se utilizan los resultados que se han obtenido del análisis de variación de parámetros de diseño presentado en el anexo N°3 de este trabajo. De acuerdo a lo señalado se tiene:

- Red fluviométrica: De acuerdo al programa de mejoramiento se propone un aumento de densidad media de la red entre la III y la X región para pasar de 1.100 km<sup>2</sup>/estación a 750 km<sup>2</sup>/estación. Aplicando el gráfico que relaciona el tamaño de las cuencas medidas con el error que se comete en la estimación de sus subcuencas, incluido en el mencionado anexo, se obtiene que en cuencas de tamaño inferior a 1.000 km<sup>2</sup> esta mayor densidad implica una mejor estimación del orden del 10%.
- Red pluviométrica: En este caso, la propuesta significa pasar de una densidad media de 1.151 km<sup>2</sup>/estación a 971 km<sup>2</sup>/estación. Ello implica, de acuerdo a la relación deducida en anexo, una disminución del error cuadrático medio de aproximadamente un 1%. Como se ha señalado esta mejor estimación de las precipitaciones se transfiere a la estimación de la disponibilidad de recursos hídricos y de caudales máximos. Al respecto se puede señalar que la sensibilidad de los caudales respecto de las precipitaciones es muy elevada en zonas áridas y tiende a ser similar a la de la precipitación en zonas muy húmedas. En Chile central, de acuerdo a las relaciones empíricas en uso, los incrementos en caudal resultan aproximadamente iguales al doble de la de los observados en la precipitación. En consecuencia, si se considera dicho valor como representativo de las condiciones medias del país se tendría una disminución del error cuadrático medio en las estimaciones de caudal del orden del 2%.

- Red termométrica: En forma similar al análisis anterior se tiene el cambio de una densidad de 2.829 Km<sup>2</sup>/estación a 2316 Km<sup>2</sup>/estación, lo que significa un 0.5% de mejoramiento en la estimación de las temperaturas. Es necesario señalar, que la información termométrica tiene interés como un estimador de las pérdidas por evaporación y evapotranspiración e indirectamente de la escorrentía. Siendo la escorrentía el resultado de la diferencia entre la precipitación y el agua que retorna a la atmósfera a través de diversos procesos evapotranspirativos, un cambio en la estimación de ésta última variable tiene un impacto casi nulo en zonas de alta precipitación y extremadamente elevado en zonas de escasa precipitación ( sobre el 100%). Por otra parte, en las condiciones de un país como Chile, con temperaturas medias anuales del orden de los 15°C, un mejoramiento en la estimación de las temperaturas del 0.5% (0.75°C), puede tener un impacto en las variables evapotranspirativas propiamente tales del orden del 5%. Como una estimación conservadora, en definitiva se adoptará este valor como representativo del impacto del programa de mejoramiento en la evaluación de los caudales.

Como se ha señalado, con el propósito de obtener un indicador único se ha procedido a ponderar los impactos en la estimación de los caudales de cada red de acuerdo a su importancia en las prácticas hidrológicas habituales en el país. De acuerdo a la experiencia del consultor se asignará una ponderación del 60% a la estadística de caudales, de un 30% a la de precipitaciones y de un 10% a la de temperaturas. Con este procedimiento se obtiene finalmente **que el mejoramiento conjunto de las redes impacta en un 7.1%.**

Este valor único se considera que es representativo de todos los impactos de este programa sobre el CDEC-SIC, los diseños de infraestructura y las actividades relativas a la asignación de derechos de agua, con la única excepción de las actividades relativas a la distribución del agua por los canalistas y a la evacuación de aguas lluvias en zonas urbanas y viales.

Considerando que para los efectos de la distribución de caudales se utilizan exclusivamente datos de caudales se estimará el impacto a partir del aumento de densidad de la red fluviométrica. **En consecuencia el impacto en la calidad de la información se estima en un 10%.**

En el caso de las actividades relativas al control de las aguas lluvias se utiliza sólo información pluviométrica, razón por la que **el impacto se estima en un 2%.**

Una vez establecidos estos mejoramientos, se puede realizar la valoración monetaria de los beneficios de cada uno de los beneficiarios de este programa, materia que se muestra en las secciones siguientes.

### *II.2.2. Estimación de Beneficios: CDEC-SIC.*

El beneficio relacionado con el CDEC-SIC corresponde a la mejora en su actividad de operador central de generación eléctrica del Sistema Interconectado Central. La mayor información que sería capturada por el aumento de estaciones de medición permitiría realizar mejores despachos.

En términos generales el CDEC realiza su planificación diaria en dos secuencias. La primera de ellas constituye una programación semanal, que resulta de obtener el valor estratégico del agua<sup>4</sup>, por medio de la solución de un complejo modelo de optimización de despacho hidrotérmico, para luego construir la lista priorizada de centrales y los costos marginales de cada unidad. Mediante un procedimiento heurístico se procede a entregar un programa de generación con un horizonte de 7 días. En una segunda etapa proceden las revisiones diarias, las que surgen debido a nueva información relativa a imprevistos, como puede ser una falla en una línea de transmisión o la salida forzada de una unidad generadora por mantenimiento no programado.

Los beneficios que se estiman, corresponden al impacto que tendría en la primera etapa, es decir, en la utilización del modelo que determina los costos marginales de las centrales de embalse.

Los beneficios en este caso han sido estimados como un porcentaje del error del modelo de cálculo de los costos marginales del CDEC asociados a las variables hidrológicas. Debido a la dificultad para conocer las características técnicas del modelo utilizado por el CDEC-SIC, se han hecho algunos supuestos al respecto. De forma tal de obtener alguna medida monetaria de este beneficio se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio} = \text{Valor Energía} * \text{Error} * \text{Ganancia} * \text{Impacto}$$

Donde,

- Valor Energía: Corresponde al valor monetario del consumo eléctrico en el SIC.

---

<sup>4</sup> Este valor corresponde al valor de la energía embalsada en forma de agua que tendría que ser reemplazada por otros medios de generación (térmico).

- Error: Es el error asociado al valor de la energía producto del efecto de las variables hidrológicas, estimado en un 15%.
- Ganancia: Es la disminución del error que produce el programa en las variables hidrológicas. Corresponde al 7,1% que se presentó en el punto anterior y que se obtiene al final de 30 años (reducción media anual de 0,24%).
- Impacto: Valor que reflejaría el impacto de la Ganancia, supuesto en un 20%.

El valor de la energía se ha valorizado considerando el precio de la última licitación de suministros, cifra igual a 52,6 US\$/MWh<sup>5</sup>, aplicado a la proyección del consumo. Al respecto véase el siguiente cuadro que muestra la evolución histórica de la generación y cual es la tasa de crecimiento para el período comprendido entre los años 2001 y 2005.

**Cuadro N°4. Generación Histórica SIC**

Año	Generación (GWh)	Δ%
2001	30.721	
2002	31.905	3,85%
2003	33.649	5,46%
2004	36.291	7,85%
2005	37.915	4,48%
Promedio	34.096	5,41%

Fuente: CDEC-SIC

La proyección de energía para los próximos años considerará como valor base la generación del año 2005 y una tasa de crecimiento anual promedio de 5%.

El error asociado a las variables hidrológicas se estimó a partir de información recopilada del CDEC sobre proyecciones de 12 meses de generación y costo marginal promedio del sistema, para tres escenarios: medio, seco y húmedo. Estos escenarios han sido considerados como representativos del aludido error, producto de utilizar datos que den origen a sesgos, tanto en la dirección de hidrología seca como húmeda, por una falta de estaciones de medición. Si se considera como valor de la energía (o costo marginal) de referencia aquellos estimados para la situación media, se observan las siguientes desviaciones para el escenario seco y húmedo.

<sup>5</sup> Cifra informada por la Comisión Nacional de Energía - CNE.

**Cuadro N°5. Proyección Operación 12 meses CDEC-SIC.**

Fecha	Consumos (GWh)	CMg Seco (US\$/MWh)	CMg Medio (US\$/MWh)	CMg Humedo (US\$/MWh)
Nov-06	3.245	34,28	33,27	31,86
Dic-06	3.401	38,06	35,14	33,09
Ene-07	3.444	91,90	88,36	73,71
Feb-07	3.163	99,92	96,29	89,80
Mar-07	3.567	101,62	98,43	92,93
Abr-07	3.374	115,46	115,66	105,33
May-07	3.492	150,41	134,18	107,89
Jun-07	3.411	163,53	125,38	87,71
Jul-07	3.486	122,21	89,94	45,72
Ago-07	3.517	88,05	62,06	45,82
Sep-07	3.315	72,28	67,16	56,67
Oct-07	3.508	119,45	98,23	65,63
<b>Valor Energía (MMUS\$)</b>				
		4.102	3.573	2.855
<b>Dif c/r Esc. Medio (%) /**</b>				
		14,8%	0.0%	20.1%
Notas:				
/* Costo marginales promedio.				
/** Las diferencias se han calculado con respecto al valor medio en valor absoluto				

Fuente: Elaboración propia con base en información proporcionada por CDEC-SIC.

En forma conservadora se ha escogido la desviación menor, por lo que se ha supuesto que el error asociado a las variables hidrológicas es de un 15%.

Por último, el impacto que produce el programa en la disminución del error en el modelo que utiliza el CDEC-SIC, producto de la disminución de los errores en la estimación de los caudales que se utilizan como datos de entrada, es desconocido. La posibilidad de realizar simulaciones con este modelo es poco factible<sup>6</sup> y escapa al alcance del estudio. Por lo tanto, se hace necesario realizar algún supuesto sobre este impacto. Como cifra tentativa, se ha supuesto un 20% como un posible valor.

Si se considera que el programa se va a implementar durante el año 2008, los beneficios van a comenzar a observarse en el año 2009. El siguiente cuadro sintetiza los flujos de beneficios futuros asociado al CDEC-SIC, que se estima produce el programa. Como ya se ha dicho esta mejora es de un 7,1% que se alcanza al final del año 30 (0,24% al año), y se produce con la totalidad de las

<sup>6</sup> Cada simulación consume muchos recursos computacionales y horas hombre de preparación. Por este motivo el CDEC-SIC realiza una programación semanal.

estaciones en funcionamiento, por lo que se considera que el efecto final es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>7</sup>.

**Cuadro N°6. Flujo de Beneficios: CDEC-SIC.**

<b>Año</b>	<b>Valor Energía x Error 15% /* (MM\$ Oct 2006)</b>	<b>Reducción de Error al Año /** (%)</b>	<b>Beneficios (MM\$ Oct 2006)</b>
2009	193.064	0,24%	18,9
2010	202.717	0,47%	39,7
2011	212.853	0,71%	62,5
2012	223.495	0,95%	87,5
2013	234.670	1,18%	114,8
2014	246.403	1,42%	144,7
2015	258.724	1,66%	177,2
2016	271.660	1,89%	212,7
2017	285.243	2,13%	251,2
2018	299.505	2,37%	293,1
2019	314.480	2,60%	338,6
2020	330.204	2,84%	387,8
2021	346.714	3,08%	441,1
2022	364.050	3,31%	498,8
2023	382.253	3,55%	561,2
2024	401.365	3,79%	628,5
2025	421.433	4,02%	701,2
2026	442.505	4,26%	779,5
2027	464.630	4,50%	864,0
2028	487.862	4,73%	954,9
2029	512.255	4,97%	1.052,8
2030	537.868	5,21%	1.158,1
2031	564.761	5,44%	1.271,3
2032	592.999	5,68%	1.392,9
2033	622.649	5,92%	1.523,5
2034	653.782	6,15%	1.663,6
2035	686.471	6,39%	1.814,0
2036	720.794	6,63%	1.975,2
2037	756.834	6,86%	2.148,1
2038	794.676	7,10%	2.333,2

Notas:  
/\* Incluye la tasa de crecimiento del 5%. Año 1 igual a 2009. Año base 2005: 37.915 GWh.  
Valor de la Energía: 52,6 US\$/MWh. Tipo de Cambio: 530,95 US\$/\$ (Oct 2006).  
/\*\* Corresponde a la Ganancia al año.

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>7</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

### II.2.3. Estimación de Beneficios: Dirección de Obras Hidráulicas (DOH).

#### II.2.3.1. Diseño de embalses.

Las obras de embalse en general cuentan con tres obras principales: Obras de Desvío, la Presa, y el Vertedero. La primera de ellas sirve para el desvío del cauce que facilita la construcción de la Presa en seco, que corresponde a la “muralla” encargada de embalsar el agua. Por último, el vertedero es aquella obra que permite evacuar los excesos de agua productos de grandes crecidas en el caudal. Las variables de diseño para estas tres obras se muestran en el cuadro que sigue.

**Cuadro N°7. Variables de Diseño por Obra Tipo de un Embalse.**

Obras Tipo del Embalse	Variable de Diseño
Obras de Desvío	Caudal máximo anual T=5 años a T=25 años dependiendo de la obra.
Presa	Metros cúbicos embalsados (o equivalente a la altura de presa).
Vertedero	Caudal máximo anual T=1.000 años.

Fuente: Elaboración Propia.

Los beneficios asociados para cada una de estas obras se obtienen mediante la siguiente expresión<sup>8</sup>:

$$(1) \quad \text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

<sup>8</sup> Esta expresión resulta de suponer que el diseño considera el valor de la variable de diseño VD más un error  $\Delta VD$ , y de utilizar la definición de elasticidad. Luego, se tiene que:

$$(1) \quad \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}}; \quad (2) \quad \eta = \frac{CI(VD + \Delta VD) - CI(VD)}{\frac{\Delta VD}{VD} \times CI(VD)}; \quad (3) \quad CI(VD + \Delta VD) = CI(VD) \times \left[ 1 + \eta \times \frac{\Delta VD}{VD} \right]$$

Si  $\alpha$  es la reducción del error relativo de la variable VD, el beneficio estaría dado por:

$$(4) \quad \text{Beneficio} = CI[VD + \Delta VD] - CI[VD + (\Delta VD - \alpha VD)]$$

Utilizando la expresión (3) en el lado derecho de la igualdad anterior, y por simple diferencia se tiene que:

$$(5) \quad \text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

con

$$\eta = \text{Elasticidad Variable de Diseño - Monto de Inversión} \left( \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}} \right)$$

$\alpha$  = Reducción del error relativo (porcentual) de la variable de diseño VD.

$CI(VD)$  = Costo de Inversión para un diseño de tamaño VD.

La expresión anterior se aplica a los montos de inversión asociados a cada una de las obras tipos de un embalse que se realizarán en los próximos años. El cuadro que sigue muestra las proyecciones para el período 2007-2010.

#### **Cuadro N°8. Proyección de Inversiones en Embalses Período 2007-2010**

<b>Año</b>	<b>Inversión Embalses /* MM\$ 2006</b>
2007	13.606
2008	22.948
2009	10.448
2010	4.387
Saldo	16.872
Nota: /* Se identificaron las obras de embalse en la base de datos con proyecciones de inversiones que dispuso la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN).	

Fuente: Elaboración Propia con base en información de la DIRPLAN.

Las inversiones que se contemplan obedecen en general a presupuestos de obras que contienen IVA (19%). Para efectos del análisis costo beneficio esto constituye una transferencia por lo cual hay que eliminarlo.

La proyección de las inversiones futuras considera un escenario de expansión del ingreso nacional de un 5% al año. Este aumento se hace efectivo a partir del año 2011, tomando como base las inversiones del año 2010.

Las obras de embalse se han dividido en Obras de Desvío, Presa y Vertedero, para lo cual se ha supuesto un factor de 1/3 de la inversión total en embalses para cada tipo de obra.<sup>9</sup>

Las elasticidades variables de diseño – inversión, a utilizar en cada tipo de obra se muestran en el siguiente cuadro.<sup>10</sup>

**Cuadro N°9. Elasticidades según tipo de obra (embalses).**

Tipo de Obra	Variable de Diseño	Elasticidad Inversión
Presa	m3 embalsados	0,65
Vertedero	Caudal máximo (T~1.000 años)	0,34
Obra de Desvío	Caudal máximo (T~25 años)	0,43

Fuente: Elaboración Propia.

Si se considera que el programa se va a implementar durante el año 2008, los beneficios van a comenzar a observarse en el año 2009. El siguiente cuadro sintetiza los flujos de beneficios futuros en obras de embalse producto de la mejora que produce el programa. Como ya se ha dicho esta mejora es de un 7,1% que se alcanza al final del año 30, lo que da una media anual de 0,24%. Esta mejora se produce con la totalidad de las estaciones en funcionamiento, por lo que se considera que el efecto es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>11</sup>.

<sup>9</sup> Basado en el análisis realizado al presupuesto de inversión asociado al embalse Punilla. Para detalles ver Anexo N°6 “Análisis de Costos v/s Variables Hidrométricas”.

<sup>10</sup> En el Anexo N°6 “Análisis de Costos v/s Variables Hidrométricas” se encuentra el detalle del análisis.

<sup>11</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

**Cuadro N°10. Flujo de Beneficios: Obras de Embalse.**

<b>Año</b>	<b>Inversión Embalses (MM\$ 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios por Obras de Presa (MM\$ 2006)</b>	<b>Beneficios por Obras de Vertedero (MM\$ 2006)</b>	<b>Beneficios por Obras de Desvío (MM\$ 2006)</b>
2009	8.780	0,24%	0,9	0,5	0,6
2010	3.687	0,47%	0,8	0,4	0,5
2011	3.871	0,71%	1,3	0,6	0,8
2012	4.064	0,95%	1,8	0,9	1,1
2013	4.268	1,18%	2,3	1,2	1,5
2014	4.481	1,42%	2,9	1,5	1,9
2015	4.705	1,66%	3,5	1,8	2,3
2016	4.940	1,89%	4,3	2,2	2,8
2017	5.187	2,13%	5,0	2,6	3,3
2018	5.447	2,37%	5,9	3,0	3,8
2019	5.719	2,60%	6,8	3,5	4,4
2020	6.005	2,84%	7,8	4,0	5,1
2021	6.305	3,08%	8,8	4,5	5,7
2022	6.620	3,31%	10,0	5,1	6,5
2023	6.951	3,55%	11,2	5,8	7,3
2024	7.299	3,79%	12,6	6,5	8,2
2025	7.664	4,02%	14,0	7,2	9,1
2026	8.047	4,26%	15,6	8,0	10,2
2027	8.450	4,50%	17,3	8,9	11,3
2028	8.872	4,73%	19,1	9,8	12,4
2029	9.316	4,97%	21,1	10,8	13,7
2030	9.781	5,21%	23,2	11,9	15,1
2031	10.271	5,44%	25,4	13,1	16,6
2032	10.784	5,68%	27,9	14,4	18,2
2033	11.323	5,92%	30,5	15,7	19,9
2034	11.889	6,15%	33,3	17,1	21,7
2035	12.484	6,39%	36,3	18,7	23,6
2036	13.108	6,63%	39,5	20,4	25,7
2037	13.763	6,86%	43,0	22,1	28,0
2038	14.452	7,10%	46,7	24,0	30,4

Fuente: Elaboración Propia.

II.2.3.2.

### Diseño de defensas fluviales.

El diseño de defensas fluviales considera como variable de diseño el caudal anual máximo para un cierto período de retorno, el que puede variar entre 100 y 500 años. El programa de aumento de la densidad de la red reduce el error en la estimación de esta variable de diseño.

Los beneficios se obtienen de la siguiente expresión<sup>12</sup>:

$$\text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

con

$$\eta = \text{Elasticidad Variable de Diseño - Monto de Inversión} \left( \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}} \right)$$

$\alpha$  = Reducción del error relativo (porcentual) de la variable de diseño VD.

$CI(VD)$  = Costo de Inversión para un diseño de tamaño VD.

La expresión anterior se aplica a los montos de inversión en obras de defensa fluvial de los próximos años. El cuadro que sigue muestra las proyecciones para el período 2007-2010.

**Cuadro N°11. Proyección de Inversiones en Defensas Fluviales  
Período 2007-2010**

Año	Inversión Defensas Fluviales /* MM\$ 2006
2007	5.894,9
2008	15.166,3
2009	13.606,4
2010	16.701,8
Saldo	48.265,4

Nota:  
/\* Se identificaron obras de defensas fluviales, incluyendo defensas aluvionales, en base de datos con proyecciones de inversiones de la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN).

Fuente: Elaboración Propia con base en información de la DIRPLAN.

<sup>12</sup> Esta expresión ya fue presentada con anterioridad y explicada en la nota 8.

Las inversiones que se contemplan obedecen en general a presupuestos de obras que contienen IVA (19%). Para los efectos del análisis costo beneficio constituye una transferencia por lo cual hay que eliminarlo.

La proyección de las inversiones futuras considera un escenario de expansión del ingreso nacional de un 5% al año. Este aumento se hace efectivo a partir del año 2011, tomando como base las inversiones del año 2010.

La elasticidad variable de diseño – inversión a utilizar en este caso es igual a 0,6.<sup>13</sup>

Si se considera que el programa se va a implementar durante el año 2008, los beneficios van a comenzar a observarse en el año 2009. El siguiente cuadro sintetiza los flujos de beneficios futuros en obras de defensas fluviales producto de la mejora que produce el programa. Como ya se ha dicho esta mejora es de un 7,1% que se alcanza al final del año 30, lo que da una media anual de 0,24%. Esta mejora se produce con la totalidad de las estaciones en funcionamiento, por lo que se considera que el efecto es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>14</sup>.

---

<sup>13</sup> En el Anexo N°6 “Análisis de Costos v/s Variables Hidrométricas” se encuentra el detalle del análisis.

<sup>14</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

**Cuadro N°12. Flujo de Beneficios: Obras de Defensas Fluviales.**

<b>Año</b>	<b>Inversión Defensas Fluviales (MM\$ 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios (MM\$ 2006)</b>
2009	11.434	0,24%	5,0
2010	14.035	0,47%	12,4
2011	14.737	0,71%	19,5
2012	15.474	0,95%	27,3
2013	16.247	1,18%	35,8
2014	17.060	1,42%	45,1
2015	17.913	1,66%	55,2
2016	18.808	1,89%	66,3
2017	19.749	2,13%	78,3
2018	20.736	2,37%	91,3
2019	21.773	2,60%	105,5
2020	22.862	2,84%	120,8
2021	24.005	3,08%	137,4
2022	25.205	3,31%	155,4
2023	26.465	3,55%	174,8
2024	27.789	3,79%	195,8
2025	29.178	4,02%	218,5
2026	30.637	4,26%	242,9
2027	32.169	4,50%	269,2
2028	33.777	4,73%	297,5
2029	35.466	4,97%	328,0
2030	37.239	5,21%	360,8
2031	39.101	5,44%	396,1
2032	41.056	5,68%	434,0
2033	43.109	5,92%	474,6
2034	45.265	6,15%	518,3
2035	47.528	6,39%	565,2
2036	49.904	6,63%	615,4
2037	52.399	6,86%	669,2
2038	55.019	7,10%	726,9

Fuente: Elaboración Propia.

## II.2.3.3.

### Diseño de obras de riego.

El diseño de obras de riego considera como variable de diseño el caudal anual máximo para un cierto período de retorno, el que puede variar entre 5 y 25 años. El programa de aumento de la densidad de la red reduce el error en la estimación de esta variable de diseño.

Los beneficios se obtienen de la siguiente expresión<sup>15</sup>:

$$\text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

con

$$\eta = \text{Elasticidad Variable de Diseño - Monto de Inversión} \left( \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}} \right)$$

$\alpha$  = Reducción del error relativo (porcentual) de la variable de diseño VD.

$CI(VD)$  = Costo de Inversión para un diseño de tamaño VD.

La expresión anterior se aplica a los montos de inversión en obras de defensa fluvial de los próximos años. El cuadro que sigue muestra las proyecciones para el período 2007-2010.

**Cuadro N°13. Proyección de Inversiones en Obras de Riego  
Período 2007-2010**

Año	Inversión Obras de Riego MM\$ 2006
2007	7.606
2008	28.803
2009	28.073
2010	27.676
Saldo	24.754

Fuente: Elaboración Propia con base en información de la DIRPLAN.

<sup>15</sup> Esta expresión ya fue presentada con anterioridad y explicada en la nota 8.

Las inversiones que se contemplan obedecen en general a presupuestos de obras que contienen IVA (19%). Para los efectos del análisis costo beneficio constituye una transferencia por lo cual hay que eliminarlo.

La proyección de las inversiones futuras considera un escenario de expansión del ingreso nacional de un 5% al año. Este aumento se hace efectivo a partir del año 2011, tomando como base las inversiones del año 2010.

La elasticidad variable de diseño – inversión a utilizar en este caso es igual a 0,43.<sup>16</sup>

Si se considera que el programa se va a implementar durante el año 2008, los beneficios van a comenzar a observarse en el año 2009. El siguiente cuadro sintetiza los flujos de beneficios futuros en obras de riego producto de la mejora que produce el programa. Como ya se ha dicho esta mejora es de un 7,1% que se alcanza al final del año 30, lo que da una media anual de 0,24%. Esta mejora se produce con la totalidad de las estaciones en funcionamiento, por lo que se considera que el efecto es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>17</sup>.

---

<sup>16</sup> En el Anexo N°6 “Análisis de Costos v/s Variables Hidrométricas” se encuentra el detalle del análisis.

<sup>17</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

**Cuadro N°14. Flujo de Beneficios: Obras de Riego.**

<b>Año</b>	<b>Inversión Defensas Fluviales (MM\$ 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios (MM\$ 2006)</b>
2009	23.590	0,24%	5,0
2010	23.257	0,47%	9,8
2011	24.420	0,71%	15,4
2012	25.641	0,95%	21,6
2013	26.923	1,18%	28,3
2014	28.269	1,42%	35,7
2015	29.682	1,66%	43,7
2016	31.166	1,89%	52,5
2017	32.725	2,13%	62,0
2018	34.361	2,37%	72,3
2019	36.079	2,60%	83,5
2020	37.883	2,84%	95,7
2021	39.777	3,08%	108,8
2022	41.766	3,31%	123,0
2023	43.854	3,55%	138,4
2024	46.047	3,79%	155,0
2025	48.349	4,02%	173,0
2026	50.767	4,26%	192,3
2027	53.305	4,50%	213,1
2028	55.970	4,73%	235,5
2029	58.769	4,97%	259,7
2030	61.707	5,21%	285,7
2031	64.792	5,44%	313,6
2032	68.032	5,68%	343,6
2033	71.434	5,92%	375,8
2034	75.005	6,15%	410,3
2035	78.756	6,39%	447,4
2036	82.693	6,63%	487,2
2037	86.828	6,86%	529,8
2038	91.169	7,10%	575,5

Fuente: Elaboración Propia.

## II.2.3.4.

### Diseño de evacuación de aguas lluvias.

Las obras destinadas a la evacuación y drenaje de aguas lluvias se diseñan para la precipitación diaria máxima anual (lluvia de diseño) para un cierto período de retorno, que generalmente oscilan entre los 2 y los 10 años en el caso de colectores urbanos, y entre los 15 a 100 años en caso obras de recepción en cauces naturales.

Los beneficios se obtienen de la siguiente expresión<sup>18</sup>:

$$\text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

con

$$\eta = \text{Elasticidad Variable de Diseño - Monto de Inversión} \left( \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}} \right).$$

$\alpha$  = Reducción del error relativo (porcentual) de la variable de diseño VD.

$CI(VD)$  = Costo de Inversión para un diseño de tamaño VD.

La expresión anterior se aplica a los montos de inversión en obras de evacuación y drenaje de aguas lluvia de los próximos años. Estas obras se han dividido en dos categorías, cauces y colectores, cuyas inversiones contempladas para el período 2007-2010 se muestran en el siguiente cuadro.

---

<sup>18</sup> Esta expresión ya fue presentada con anterioridad y explicada en la nota 8.

**Cuadro N°15. Proyección de Inversiones en Aguas Lluvias  
Período 2007-2010**

<b>Año</b>	<b>Inversión Cauces Receptores /* MM\$ 2006</b>	<b>Inversión Colectores /* MM\$ 2006</b>
2007	3.266,9	3.748,3
2008	11.170,7	28.566,1
2009	17.853,2	35.305,6
2010	27.127,2	19.275,9
Saldo	37.768,7	171.412,4
Nota: /* Se identificaron las obras de aguas lluvias, clasificándolas en cauces y colectores, en la base de datos con proyecciones de inversiones que dispuso la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN).		

Fuente: Elaboración Propia con base en información de la DIRPLAN.

Las inversiones que se contemplan obedecen en general a presupuestos de obras que contienen IVA (19%). Para los efectos del análisis costo beneficio esto constituye una transferencia por lo cual hay que eliminarlo.

La proyección de las inversiones futuras considera un escenario de expansión del ingreso nacional de un 5% al año. Este aumento se hace efectivo a partir del año 2011, tomando como base las inversiones del año 2010.

El examen de diferentes estudios de planes maestros que consideraron el análisis de distintos tamaños de colectores obtenidos, así como también la revisión de otros documentos afines, permitió estimar una relación entre el tamaño de las obras, en términos de la "lluvia de diseño" (o período de retorno), y el monto de inversiones de las mismas, medidos en forma de una elasticidad. Este valor es igual a 0,6.<sup>19</sup>

Como ya se ha dicho, la mejora del programa es de un 7,1% que se alcanza al final del año 30, lo que da una media anual de 0,24%. Esto se aplica sólo en el caso de obras en cauces receptores. Esta mejora se produce con la totalidad de las estaciones en funcionamiento, por lo que se considera que el efecto es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>20</sup>.

Para el caso de colectores, solo se considera la mejora que produce las estaciones con pluviómetros. En este caso, la reducción en los errores de

<sup>19</sup> En el Anexo N°6 "Análisis de Costos v/s Variables Hidrométricas" se encuentra el detalle del análisis.

<sup>20</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

estimación que se alcanza al final del año 30 es de sólo un 2% (0,7% anual), y en forma proporcional a las estaciones del plan (17,2%).<sup>21</sup>

El cuadro siguiente muestra los flujos de beneficios por obras de evacuación y drenaje de aguas lluvias.

**Cuadro N°16. Flujo de Beneficios: Obras de Aguas Lluvia.**

<b>Año</b>	<b>Inversión Cauces (MM\$ 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios Cauces (MM\$ 2006)</b>	<b>Inversión Colectores (MM\$ 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios Colectores (MM\$ 2006)</b>
2009	15.003	0,24%	4,4	11.434	0,07%	2,0
2010	22.796	0,47%	13,4	14.035	0,13%	2,2
2011	23.936	0,71%	21,1	14.737	0,20%	3,5
2012	25.133	0,95%	29,5	15.474	0,27%	4,9
2013	26.389	1,18%	38,7	16.247	0,33%	6,5
2014	27.709	1,42%	48,8	17.060	0,40%	8,1
2015	29.094	1,66%	59,8	17.913	0,47%	10,0
2016	30.549	1,89%	71,8	18.808	0,53%	12,0
2017	32.076	2,13%	84,8	19.749	0,60%	14,1
2018	33.680	2,37%	98,9	20.736	0,67%	16,5
2019	35.364	2,60%	114,2	21.773	0,73%	19,1
2020	37.132	2,84%	130,8	22.862	0,80%	21,8
2021	38.989	3,08%	148,8	24.005	0,87%	24,8
2022	40.938	3,31%	168,3	25.205	0,93%	28,1
2023	42.985	3,55%	189,3	26.465	1,00%	31,6
2024	45.135	3,79%	212,0	27.789	1,07%	35,4
2025	47.391	4,02%	236,5	29.178	1,13%	39,5
2026	49.761	4,26%	263,0	30.637	1,20%	43,9
2027	52.249	4,50%	291,5	32.169	1,27%	48,6
2028	54.861	4,73%	322,2	33.777	1,33%	53,7
2029	57.604	4,97%	355,2	35.466	1,40%	59,2
2030	60.485	5,21%	390,7	37.239	1,47%	65,2
2031	63.509	5,44%	428,9	39.101	1,53%	71,5
2032	66.684	5,68%	469,9	41.056	1,60%	78,4
2033	70.018	5,92%	514,0	43.109	1,67%	85,7
2034	73.519	6,15%	561,2	45.265	1,73%	93,6
2035	77.195	6,39%	612,0	47.528	1,80%	102,1
2036	81.055	6,63%	666,4	49.904	1,87%	111,2
2037	85.108	6,86%	724,7	52.399	1,93%	120,9
2038	89.363	7,10%	787,1	55.019	2,00%	131,3

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>21</sup> El programa considera 127 estaciones con pluviómetros para llegar a un total de 737.

#### II.2.4. Estimación de Beneficios: Dirección de Vialidad.

En los caminos no sólo es de importancia el diseño del pavimento, sino que también es relevante el diseño de obras de drenaje y saneamiento que permitan evacuar las aguas lluvia y/o permitir el paso de cauces naturales que puedan atravesarlo (desde acequias a ríos). La variable relevante en estos diseños es el “Caudal de Diseño” utilizado en la determinación de las obras de saneamiento del camino. Los caudales de diseño resultan del análisis preliminar del régimen de lluvias del sector en donde se emplaza la obra, específicamente se considera la serie histórica de precipitación máxima anual en 24 horas<sup>22</sup>. Obtenidos los caudales, éstos definen el tamaño y costo de tubos, cajones, foso, contrafoso, etc., utilizados en el drenaje del camino.

El programa de aumento de estaciones, en particular las que contienen pluviómetros, permiten obtener una mejor calidad de registros que se traduce en una estimación más precisa (con menor error) del caudal de diseño por contar con una red más densa.

El error, en términos relativos, que se comete al estimar los caudales de diseño, es el mismo que se comete en la estimación de las precipitaciones máximas al año en 24 horas<sup>23</sup>. Una reducción en el error de estimación de esta variable, produce una reducción equivalente en el error cometido en la estimación de los caudales de diseño. Esta reducción es un beneficio directo del aumento de densidad de la red, que se mide según la siguiente expresión<sup>24</sup>:

$$\text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

con

$$\eta = \text{Elasticidad Variable de Diseño - Monto de Inversión} \left( \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}} \right).$$

$\alpha$  = Reducción del error relativo (porcentual) de la variable de diseño VD.

$CI(VD)$  = Costo de Inversión para un diseño de tamaño VD.

<sup>22</sup> El detalle en extenso de la obtención de los caudales de diseño se encuentra en Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas, Manual de Carreteras, Volumen 3, Capítulo 3700: Diseño del Drenaje, Saneamiento, Mecánica e Hidráulica Fluvial, Sección 3702 Hidrología.

<sup>23</sup> En general se utiliza el método racional para la estimación de los caudales de diseño, por lo que este supuesto se cumple en la gran mayoría de los casos.

<sup>24</sup> Esta expresión ya fue presentada con anterioridad y explicada en la nota 8.

La expresión anterior se aplica a los montos de inversión en obras de caminos de los próximos años. El cuadro que sigue muestra las proyecciones para el período 2007-2010.

**Cuadro N°17. Proyección de Inversiones en Caminos.  
Período 2007-2010**

Año	Inversión Caminos /* MM\$ 2006
2007	310.469
2008	426.841
2009	469.943
2010	523.267
Saldo	2.504.496
Nota: /* Se identificaron las obras de caminos en la base de datos con proyecciones de inversiones que dispuso la Dirección de Planeamiento (DIRPLAN).	

Fuente: Elaboración Propia con base en información de la DIRPLAN.

Las inversiones que se contemplan obedecen en general a presupuestos de obras que contienen IVA (19%). Esto constituye una transferencia, por lo cual, para los efectos del análisis costo beneficio, hay que eliminarlo.

La proyección de las inversiones futuras considera un escenario de expansión del ingreso nacional de un 5% al año. Este aumento se hace efectivo a partir del año 2011, tomando como base las inversiones del año 2010.

La elasticidad variable de diseño – inversión a utilizar en este caso es igual a 0,05.<sup>25</sup>

Si se considera que el programa se va a implementar durante el año 2008, los beneficios van a comenzar a observarse en el año 2009. El siguiente cuadro sintetiza los flujos de beneficios futuros en obras de caminos producto de la mejora que produce el programa. Como ya se ha dicho, esta mejora sólo considera aquella que es atribuible a las estaciones con pluviómetros. En este caso, la reducción en los errores de estimación que se alcanza al final del año 30

<sup>25</sup> Se utilizó la elasticidad obtenida para el caso de los caminos costeros, debido a que la inversión en caminos cordilleranos representaba una pequeña fracción. Para detalles de cómo se obtuvo este valor, ver Anexo N°6 “Análisis de Costos v/s Variables Hidrométricas”.

es de sólo un 2% (0,7% anual), y en forma proporcional a las estaciones del plan (17,2%).<sup>26</sup>

**Cuadro N°18. Flujo de Beneficios: Vialidad (Agua Lluvia).**

<b>Año</b>	<b>Inversión Caminos (MM\$ 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios (MM\$ 2006)</b>
2009	394.910	0,07%	2,3
2010	439.720	0,13%	5,1
2011	461.706	0,20%	8,0
2012	484.791	0,27%	11,1
2013	509.031	0,33%	14,6
2014	534.482	0,40%	18,4
2015	561.206	0,47%	22,6
2016	589.267	0,53%	27,1
2017	618.730	0,60%	32,0
2018	649.667	0,67%	37,3
2019	682.150	0,73%	43,1
2020	716.257	0,80%	49,4
2021	752.070	0,87%	56,2
2022	789.674	0,93%	63,5
2023	829.158	1,00%	71,4
2024	870.615	1,07%	80,0
2025	914.146	1,13%	89,3
2026	959.854	1,20%	99,2
2027	1.007.846	1,27%	110,0
2028	1.058.238	1,33%	121,6
2029	1.111.150	1,40%	134,0
2030	1.166.708	1,47%	147,4
2031	1.225.043	1,53%	161,8
2032	1.286.296	1,60%	177,3
2033	1.350.610	1,67%	193,9
2034	1.418.141	1,73%	211,8
2035	1.489.048	1,80%	230,9
2036	1.563.500	1,87%	251,5
2037	1.641.675	1,93%	273,5
2038	1.723.759	2,00%	297,0

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>26</sup> El programa considera 127 estaciones con pluviómetros para llegar a un total de 737.

### II.2.5. Estimación de Beneficios: Sector Privado: Generación de Energía Hidroeléctrica.

Las obras de generación hidroeléctrica se dividen en dos clases: centrales de pasada y centrales de embalse.

En las centrales de pasada no hay posibilidad de “guardar” agua, por lo que la decisión del tamaño de la generadora depende de los caudales que pasen por el cauce a utilizar. En este sentido, el tamaño de la central queda definido en general por caudales medios.

Las centrales de embalse por su parte permiten la posibilidad de “guardar” energía en forma de agua. Al igual que en los embalses de riego, la variable de diseño que se ha identificado corresponde a los metros cúbicos de agua embalsada, equivalente a la energía que puede “guardar” la central.

Los diseños de las centrales de pasada y de las de embalse pueden asimilarse a las obras de desvío y las presas respectivamente. Bajo esta óptica, el programa produciría las mismas reducciones en el error al estimar las variables de diseño que las presentadas para el caso de obras de embalse.

Los beneficios asociados para cada una de estas obras se obtienen mediante la siguiente expresión<sup>27</sup>:

$$\text{Beneficio} = \alpha \times \eta \times CI(VD)$$

con

$$\eta = \text{Elasticidad Variable de Diseño - Monto de Inversión} \left( \eta = \frac{\frac{\Delta CI}{CI}}{\frac{\Delta VD}{VD}} \right).$$

$\alpha$  = Reducción del error relativo (porcentual) de la variable de diseño VD.

$CI(VD)$  = Costo de Inversión para un diseño de tamaño VD.

La expresión anterior se aplica a los montos de inversión asociados a la construcción de centrales de embalse y de pasada.

---

<sup>27</sup> Esta expresión ya fue presentada con anterioridad y explicada en la nota 8.

La estimación de estas inversiones es compleja. No obstante existen algunas cifras de amplio consenso y que han sido utilizadas en esta estimación<sup>28</sup>.

El crecimiento de demanda en el SIC, según estimaciones de la CNE, corresponde a 450 MW al año. Por otro lado, la potencia instalada en el sistema central en el año 2005 indicaba que el 15,7% de las unidades generadoras eran centrales de pasada, y el 40,9% de embalse. Si acepta que el parque generador se mantendrá en torno a estas proporciones, 70,65 MW al año deberían en promedio ser abastecidas por centrales de pasada y 184,05 MW por centrales de embalse. Costos de inversión promedio para estas centrales se sitúan en torno al millón de dólares por MW instalado. Por lo tanto, en los próximos años se tendrán inversiones promedio anuales en centrales de pasada del orden de MMUS\$70 y de MMUS\$184 en centrales de embalse. Estos costos se han supuesto contienen IVA (19%) por lo cual se ha eliminado para efectos del análisis costo beneficio.

Como ya se ha dicho la mejora que produce este programa es de un 7,1% que se alcanza al final del año 30 (0,24% al año), la cual se produce con la totalidad de las estaciones en funcionamiento. Por este motivo se considera que el efecto es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>29</sup>.

Si el mejoramiento se implementa en el año 2008, y se supone que las centrales de los próximos tres años ya se encuentran con sus diseños a firme, se espera entonces que los beneficios comiencen a partir del año 2010 en adelante. El resumen de beneficios por centrales hidroeléctricas se muestra en el cuadro siguiente.

---

<sup>28</sup> Ver presentación: Plan de Seguridad Energética, Comisión Nacional de Energía - 20 DE JUNIO DE 2006.

<sup>29</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

**Cuadro N°19. Flujo de Beneficios: Centrales Hidroeléctricas.**

<b>Año</b>	<b>Inversión Centrales Embalse (MM\$ Oct 2006 s/IVA)</b>	<b>Inversión Centrales Pasada (MM\$ Oct 2006 s/IVA)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios Centrales Embalse (MM\$ Oct 2006)</b>	<b>Beneficios Centrales Pasada (MM\$ Oct 2006)</b>
2009	0	0	0,24%	0,0	0,0
2010	82.119	31.522	0,47%	53,0	13,3
2011	82.119	31.522	0,71%	79,6	19,9
2012	82.119	31.522	0,95%	106,1	26,5
2013	82.119	31.522	1,18%	132,6	33,2
2014	82.119	31.522	1,42%	159,1	39,8
2015	82.119	31.522	1,66%	185,7	46,4
2016	82.119	31.522	1,89%	212,2	53,1
2017	82.119	31.522	2,13%	238,7	59,7
2018	82.119	31.522	2,37%	265,2	66,3
2019	82.119	31.522	2,60%	291,7	73,0
2020	82.119	31.522	2,84%	318,3	79,6
2021	82.119	31.522	3,08%	344,8	86,2
2022	82.119	31.522	3,31%	371,3	92,9
2023	82.119	31.522	3,55%	397,8	99,5
2024	82.119	31.522	3,79%	424,4	106,1
2025	82.119	31.522	4,02%	450,9	112,8
2026	82.119	31.522	4,26%	477,4	119,4
2027	82.119	31.522	4,50%	503,9	126,0
2028	82.119	31.522	4,73%	530,4	132,7
2029	82.119	31.522	4,97%	557,0	139,3
2030	82.119	31.522	5,21%	583,5	145,9
2031	82.119	31.522	5,44%	610,0	152,6
2032	82.119	31.522	5,68%	636,5	159,2
2033	82.119	31.522	5,92%	663,0	165,8
2034	82.119	31.522	6,15%	689,6	172,5
2035	82.119	31.522	6,39%	716,1	179,1
2036	82.119	31.522	6,63%	742,6	185,7
2037	82.119	31.522	6,86%	769,1	192,4
2038	82.119	31.522	7,10%	795,7	199,0

Notas:

/\* Se utilizó tipo de cambio promedio de octubre de 2006 530,95 \$/US\$.

/\*\* Elasticidad utilizada para centrales de embalse igual a 0,65, equivalente a las obras de presa.

/\*\*\* Elasticidad utilizada para centrales de pasada igual a 0,43, equivalente a las obras de desvío.

Fuente: Elaboración Propia.

### *II.2.6. Estimación de Beneficios: Organizaciones de Usuarios (regantes en general).*

Las asociaciones de usuarios organizadas para administrar la distribución de agua, según los derechos que posea cada asociado, presenta la problemática de gestionar la entrega diaria que se hace en época de riego. En la mayoría de los casos, esta decisión se toma con las mediciones de caudal que se tengan disponibles. En los casos que no se tenga una estación de referencia en general se realizan aforos u otras técnicas de medición, cuya frecuencia no es suficiente para la adecuada gestión de distribución.

Los problemas surgen cuando el error se produce al estimar el recurso hídrico por sobre lo que realmente se dispondrá. Esto se traduce en superficies que no podrán disponer de riego, con las correspondientes pérdidas. Adicionalmente, aparecen los conflictos al interior de las organizaciones debido a que todos querrán ejercer su derecho a riego<sup>30</sup> sin tener en la práctica el agua suficiente.

Resulta evidente que contar con una densidad mayor de la red implica una disminución en los errores que se puedan cometer al estimar el caudal de agua a distribuir.

Los beneficios para este caso han sido estimados como una reducción del error cometido en la distribución del agua por no contar con medición de caudales en tiempo real. De forma tal de obtener alguna medida monetaria de este beneficio se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio} = \text{Valor Agua a Distribuir} * \text{Error} * \text{Ganancia}$$

Donde,

- Valor Agua a Distribuir: Corresponde al valor monetario del caudal de riego a ser distribuido.
- Error: Es el error asociado a la distribución del caudal de riego, estimado en un 25%.
- Ganancia: Es la disminución del error que produce el programa en las variables hidrológicas. Corresponde al 10% que se presentó en el punto

---

<sup>30</sup> El ejercicio del derecho se realiza en situaciones de escasez a prorrata de los derechos que registran los respectivos títulos.

anterior y que se obtiene al final de 30 años (reducción media anual de 0,33%).

La estimación del caudal a distribuir se realizó considerando que la superficie bajo riego en nuestro país es de 1.200.000 hectáreas<sup>31</sup>. Con una tasa promedio de riego de 1 l/s por hectárea al año, se tiene que el requerimiento anual de agua es de 1.200.000 l/s. Si se utiliza los datos del último censo agropecuario, se tiene que la proporción de superficie regada por región, y por consiguiente su requerimiento de agua, es la que se muestra en el cuadro siguiente.

**Cuadro N°20. Valorización de los requerimientos de Agua para Riego.**

Región	Datos Censo Agropecuario (96-97)	(%)	Superficie Promedio/*	Precio Agua Cruda /** (MM\$ Dic 2005)	Valor Total (MM\$ Dic 2005)	Valor Total /*** (MM\$ Oct 2006)
I Región	5.213	0,37%	4.466	19,65	87.765	90.084
II Región	909	0,06%	779	27,86	21.703	22.276
III Región	11.983	0,86%	10.266	21,06	216.219	221.931
IV Región	43.809	3,13%	37.529	14,26	535.297	549.439
V Región	70.652	5,04%	60.525	0,65	39.203	40.239
VI Región	209.179	14,93%	179.195	0,51	92.035	94.466
VII Región	257.457	18,38%	220.554	0,30	66.325	68.077
VIII Región	271.769	19,40%	232.814	0,28	64.069	65.762
IX Región	288.777	20,62%	247.384	0,46	114.559	117.586
X Región	124.084	8,86%	106.298	0,24	25.014	25.674
XI Región	2.127	0,15%	1.822	0,01	14	14
XII Región	958	0,07%	821	0,01	6	6
RM	113.870	8,13%	97.548	2,75	267.915	274.994
<b>TOTAL PAÍS</b>	<b>1.400.788</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.200.000</b>	<b>100,00%</b>	<b>1.530.123</b>	<b>1.570.549</b>

Notas:

/\* Base 1.200.000 hectáreas bajo riego.

\*\* Información de la SISS referente a precios de aguas superficiales utilizados en sus últimos proceso tarifarios. Valor de la III región no se dispone de información por lo que se consideró el promedio entre la II y IV. Lo mismo se hizo con el valor de la X región, utilizando el promedio de las regiones adyacentes.

/\*\*\* Actualización por IPC

IPC Oct 2006: 124,32.

IPC Dic 2006: 121,12.

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>31</sup> Cifra usada comúnmente como referencia y que concuerda con la información estadística presentada en Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Ministerio de Agricultura, "Compendio Estadístico Silvoagropecuario 1990-2004".

Las últimas tres columnas de este cuadro incluyen el valor del precio del agua y la valorización del requerimiento por región a diciembre de 2005 y su actualización a octubre de 2006. A esta última fecha se tiene derechos valorizados en MM\$1.570.549. Como estos derechos son perpetuos, esta cifra representa un valor actualizado, por lo cual, y para efectos del flujo de caja, se ha considerado utilizar una anualidad equivalente a perpetuidad igual a MM\$125.644. Esta cifra ha sido calculada tomando como base la tasa de descuento social utilizada en el análisis costo beneficio, igual a 8%.

Las fuentes de error en la distribución de agua son en realidad explicadas sólo en parte por los datos de caudal, el resto puede deberse a otras consideraciones. Entre ellas pueden existir algunas de tipo operativo y/o de gestión, por ejemplo, el tiempo de demora en regular las compuertas en un sistema de riego muy extenso. Para reconocer esta situación, se ha supuesto que los datos de caudal sólo afectan al error de distribución en un 25%, cifra que se considera conservadora.

Por otro lado, la mejora que produce este programa para este caso es de un 10,0%, y se debe exclusivamente al mejoramiento de la red fluviométrica. Esta reducción del error se alcanza al final del año 30 (0,33% al año), y al igual que en los casos anteriores, considera la totalidad de las estaciones en funcionamiento. Por este motivo el efecto final es proporcional al número de estaciones del programa (26,7%)<sup>32</sup>.

Si el mejoramiento se implementa en el año 2008, se espera entonces que los beneficios comiencen a partir del año 2009 en adelante. El resumen de beneficios se muestra en el cuadro siguiente.

---

<sup>32</sup> El programa considera 147 estaciones fluviométricas para llegar a un total de 550.

**Cuadro N°21. Flujo de Beneficios: Organizaciones de Usuarios (regantes).**

<b>Año</b>	<b>Anualidad Equivalente Derechos de Agua para Riego (MM\$ Oct 2006)</b>	<b>Reducción del Error al año (%)</b>	<b>Beneficios Sociedades de Canalistas (MM\$ Oct 2006)</b>
2009	125.644	0,33%	28,0
2010	125.644	0,67%	56,0
2011	125.644	1,00%	84,0
2012	125.644	1,33%	111,9
2013	125.644	1,67%	139,9
2014	125.644	2,00%	167,9
2015	125.644	2,33%	195,9
2016	125.644	2,67%	223,9
2017	125.644	3,00%	251,9
2018	125.644	3,33%	279,8
2019	125.644	3,67%	307,8
2020	125.644	4,00%	335,8
2021	125.644	4,33%	363,8
2022	125.644	4,67%	391,8
2023	125.644	5,00%	419,8
2024	125.644	5,33%	447,7
2025	125.644	5,67%	475,7
2026	125.644	6,00%	503,7
2027	125.644	6,33%	531,7
2028	125.644	6,67%	559,7
2029	125.644	7,00%	587,7
2030	125.644	7,33%	615,7
2031	125.644	7,67%	643,6
2032	125.644	8,00%	671,6
2033	125.644	8,33%	699,6
2034	125.644	8,67%	727,6
2035	125.644	9,00%	755,6
2036	125.644	9,33%	783,6
2037	125.644	9,67%	811,5
2038	125.644	10,00%	839,5

Fuente: Elaboración Propia.

### II.2.7. Estimación de Beneficios: Dirección General de Aguas (DGA).

La Dirección general de Aguas, a través del Departamento de Administración de Recursos Hídricos, está encargado, entre otras cosas, de resolver sobre la solicitud de derechos de aguas. Esta labor requiere en forma inevitable de información de caudales, por lo que una mejora en las estadísticas disponibles impactará directamente en el resultado de esta tarea. Además, se prevé que la función futura de la DGA tendrá relevancia en resolver acerca de nuevos traslados más que con la función asignadora, debiendo realizar sus análisis de disponibilidad en forma aún más exhaustiva en cada oportunidad que se tramite una nueva solicitud. En este sentido, el beneficio debido al programa está asociado a la disminución del error en estimar los caudales disponibles.

Una medida monetaria de este beneficio consistiría en medir tal disminución de este error, expresado en términos de caudal, y valorizarla según el precio del agua.

Si  $(Q - \Delta Q)$  corresponden a la estimación de los caudales disponibles que calcula la DGA, incluido su nivel de error porcentual  $(\Delta)$ , y  $P$  el valor del agua, la valorización de estos caudales serán iguales a  $P \times (Q - \Delta Q)$ <sup>33</sup>. Una reducción en el error de estimación de estos caudales igual a " $\alpha$ " tendrá un impacto en el valor de los derechos igual a  $P \times [Q - (\Delta - \alpha) \times Q]$ . Luego, al aplicar las diferencias respectivas se tiene que los beneficios producto del programa resultan de la expresión  $\alpha \times P \times Q$ , donde  $P \times Q$  es el valor de los derechos de agua disponibles.

Del análisis de la estadística de solicitudes de nuevos derechos para el período 2004-2006, y considerando el valor del agua del agua cruda obtenida de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS) utilizados en las últimas fijaciones de tarifas, se tiene que el volumen de derechos medidos en términos monetarios que tendrá que manejar la DGA en la zona es de MM\$213.597. Esta cifra se obtiene de sumar las solicitudes de derechos superficiales y subterráneos que en promedio se han observado en los últimos tres años, según se consigna en los siguientes cuadros.

---

<sup>33</sup> Se ha supuesto que la DGA escoge el nivel inferior del intervalo de confianza  $Q \pm \Delta Q$ , es decir, el valor  $Q - \Delta Q$ .

**Cuadro N°22. Valorización Solicitudes de Derechos de Agua Superficiales I a XII Región.**

Región	Precio /* MM\$(l/s) (Dic 2005)	Solicitud de Derechos al Año (l/s)				Valorización Derechos (MM\$ Oct 2006)
		2004	2005	2006 /**	Promedio/***	
I	19,652	1,0	950,0	338,0	452,2	9.121,2
II	27,861	4.684,0	1.723,0	4.967,2	4.122,5	117.892,7
III	21,062	964,6	14,0	4,8	328,1	7.093,8
IV	14,264	618,7	193,1	6,8	273,3	4.001,3
V	0,648	37.407,4	726,2	275,0	12.821,2	8.524,0
RM	2,746	412,7	965,4	660,8	723,7	2.040,0
VI	0,514	247,8	2.190,2	4.766,0	2.719,1	1.433,4
VII	0,301	21.774,4	1.771,9	126,5	7.899,4	2.438,3
VIII	0,275	2.209,3	1.265,3	1.845,0	1.896,2	535,6
IX	0,463	5.871,4	16.265,2	4.842,5	9.315,9	4.428,0
X	0,235	23.513,9	686.601,1	11.516,0	241.311,4	58.284,7
XI	0,008	4.211,7	3.114,4	3.312,1	3.766,9	29,2
XII	0,008	11.191,2	940,0	305,5	4.165,9	32,3
<b>TOTAL</b>		<b>113.108,0</b>	<b>716.719,8</b>	<b>32.966,1</b>	<b>289.795,7</b>	<b>215.854,4</b>

Notas:

/\* Información de la SISS referente a precios de aguas superficiales utilizados en sus últimos procesos tarifarios. Para el valor de la III región no se dispone de información por lo que se consideró el promedio entre la II y IV. Lo mismo sucede con el valor de la X región, por lo que se utilizó el promedio de las regiones adyacentes.

/\*\* Considera los derechos solicitado hasta octubre de 2006.

/\*\*\* Considera los datos del año 2006 anualizado, utilizando el factor 12/10.

IPC Dic 2005: 121,12.

IPC Oct 2006: 124,32

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro N°23. Valorización Solicitudes de Derechos de Agua Subterráneas - I a XII Región.**

Región	Precio /* MM\$/(l/s) (Dic 2005)	Solicitud de Derechos al Año (l/s)				Valorización Derechos (MM\$ Oct 2006)
		2004	2005	2006 /**	Promedio/***	
I	11,860	813,4	1.257,8	2.144,6	1.548,2	18.846,5
II	27,861	2.170,2	2.795,1	954,1	2.036,7	58.243,9
III	1,375	1.637,0	1.293,2	1.808,2	1.700,0	2.398,5
IV	0,338	5.882,9	4.448,9	1.596,1	4.082,4	1.415,4
V	1,423	14.425,0	12.650,2	18.644,0	16.482,7	24.076,6
RM	1,558	9.114,6	9.775,6	5.042,7	8.313,8	13.291,8
VI	0,608	8.947,3	7.569,3	13.064,7	10.731,4	6.699,6
VII	0,301	36.569,5	4.803,0	2.547,0	14.809,6	4.571,2
VIII	0,275	205.098,1	5.137,4	5.256,6	72.181,1	20.388,6
IX	0,463	1.152,5	7.729,6	2.336,3	3.895,2	1.851,5
X	0,235	2.133,3	2.884,5	4.043,9	3.290,2	794,7
XI	0,008	250,0	218,4	199,8	236,1	1,8
XII	0,008	0,0	314,1	213,7	190,2	1,5
<b>TOTAL</b>		<b>288.193,6</b>	<b>60.877,3</b>	<b>57.851,6</b>	<b>139.497,6</b>	<b>152.581,6</b>

Notas:

/\* Información de la SISS referente a precios de aguas superficiales y subterráneas utilizados en sus últimos proceso tarifarios. Desde la VI región a la XII región no se dispone de información, por lo que se asume una cifra igual que la consignada en el caso de agua superficial.

\*\* Considera los derechos solicitado hasta octubre de 2006.

\*\*\* Considera los datos del año 2006 anualizado, utilizando el factor 12/10.

IPC Dic 2005: 121,12.

IPC Oct 2006: 124,32

Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia de los anteriores cuadros, las solicitudes de derechos de aguas superficiales por año se han valorado en MM\$215.854 y para las solicitudes de derechos de aguas subterráneas en MM\$152.582, lo que da un total de MM\$368.436.

En este caso la mejora del programa es de un 7,1% y se alcanza al final del año 30 (0,24% al año). Esta mejora se produce con la totalidad de las estaciones en funcionamiento, por lo que se considera que el efecto es proporcional al número de estaciones del programa (20,7%)<sup>34</sup>.

<sup>34</sup> El programa considera 330 estaciones para llegar a un total de 1.596.

Con la estimación de la reducción de errores y los derechos valorizados es posible entonces realizar la estimación de beneficios. Una consideración importante es que los derechos de agua son a perpetuidad, por lo que su valor ya se encuentra en términos de valor presente. Para efectos de incluir estos beneficios como flujos, se ha considerado tomar una anualidad equivalente a perpetuidad con una tasa de 8% igual a la tasa de descuento utilizada para la evaluación socioeconómica del programa. En consecuencia, los MM\$368.436 corresponden a un flujo anual perpetuo de MM\$29.475.

Los beneficios para los próximos 30 años, a partir del primer año de entrada en operación del programa, se muestran en el siguiente cuadro.

**Cuadro N°24. Flujo de Beneficios: DGA Asignación Derechos de Agua.**

<b>Año</b>	<b>Anualidad Derechos de Agua (MM\$ Jun 2006)</b>	<b>Reducción de Error al Año (%)</b>	<b>Beneficios (MM\$ Oct 2006)</b>
2009	29.475	0,24%	14,4
2010	29.475	0,47%	28,8
2011	29.475	0,71%	43,3
2012	29.475	0,95%	57,7
2013	29.475	1,18%	72,1
2014	29.475	1,42%	86,5
2015	29.475	1,66%	101,0
2016	29.475	1,89%	115,4
2017	29.475	2,13%	129,8
2018	29.475	2,37%	144,2
2019	29.475	2,60%	158,7
2020	29.475	2,84%	173,1
2021	29.475	3,08%	187,5
2022	29.475	3,31%	201,9
2023	29.475	3,55%	216,4
2024	29.475	3,79%	230,8
2025	29.475	4,02%	245,2
2026	29.475	4,26%	259,6
2027	29.475	4,50%	274,0
2028	29.475	4,73%	288,5
2029	29.475	4,97%	302,9
2030	29.475	5,21%	317,3
2031	29.475	5,44%	331,7
2032	29.475	5,68%	346,2
2033	29.475	5,92%	360,6
2034	29.475	6,15%	375,0
2035	29.475	6,39%	389,4
2036	29.475	6,63%	403,9
2037	29.475	6,86%	418,3
2038	29.475	7,10%	432,7

Notas:  
/\* Corresponde a  $P \times Q$  en la expresión de estimación de beneficios.  
/\* Corresponde a  $\alpha$  en la expresión de estimación de beneficios.  
/\* Corresponde a la evaluación de la expresión  $\alpha \times P \times Q$ , utilizada para la estimación de beneficios del programa.

Fuente: Elaboración propia.

### II.3. Programa de Mejoramiento: Captura de datos en tiempo real - Red Fluviométrica y Red Hidrometeorológica.

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”.

El programa de mejoramiento propuesto, contempla la implementación de 164 estaciones con plataforma satelital de la Red Fluviométrica, 150 estaciones hidrometeorológicas que se implementarán en estaciones fluviométricas digitales (100 de ellas del programa complementario de control de extracciones en canales) y 20 estaciones nivométricas, 15 de las cuales son acondicionamiento de rutas de nieve existentes.

Los principales beneficiarios de este programa corresponden los que se listan a continuación<sup>35</sup>.

Beneficiario	Actividad	Beneficio
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.
Organizaciones de Usuarios (Regantes)	Distribución de agua según derechos de los asociados.	Disminución del error en la distribución del agua.

Fuente: Elaboración Propia.

<sup>35</sup> Existen otros beneficios asociados, como por ejemplo, anticipar “ondas” en las crecidas de caudales permitiendo mejorar la gestión de las obras hidráulicas tendientes a mitigar sus efectos adversos no deseados (inundaciones, destrucción de obras de captación, etc.).

### II.3.1. CDEC-SIC.

El beneficio relacionado con el CDEC-SIC corresponde a la mejora en su actividad de operador central de generación eléctrica del Sistema Interconectado Central. La información que sería capturada en tiempo real produciría algunas mejoras en la reducción de error.

El CDEC-SIC realiza la programación de las centrales de generación eléctrica para el Sistema Interconectado Central (SIC). Para ello resuelve cada semana un problema de optimización que minimiza los costos de generación del sistema. A partir de esta solución, se obtiene una programación semanal de las centrales de generación y los costos de producir la energía, ambos con una frecuencia horaria, y el orden de precedencia de generación de las centrales. No obstante, día a día el CDEC-SIC realiza una programación “afinada” corrigiendo de alguna forma la programación semanal. Esto último se puede deber a variaciones en la predicción de consumos, mantenimiento de líneas de transmisión que restringen el paso de energía, disponibilidad del gas natural argentino, estimación de los caudales de las centrales de pasada para el día siguiente.

En términos de la información de caudales que utiliza el CDEC-SIC, el modelo toma como datos de entrada para la primera semana la información de caudales de la semana inmediatamente anterior, en particular para las centrales de pasada se utilizan los caudales generados. En este último caso, es posible estimar el error que se comete al utilizar estos caudales, a partir del error que se obtiene al usar directamente el caudal de un día como predictor del caudal futuro desfasado en 7 días. Ese análisis se realizó para series hidrológicas de diferentes estaciones, truncadas al caudal de probabilidad del 40%, para reflejar de ese modo el caudal de generación de las centrales de pasada (las que tradicionalmente se diseñaron con caudales en torno a esa probabilidad de excedencia)<sup>36</sup>. Si se considera como representativo el promedio de los errores de estimación obtenidos en el Maipo y en el Ñuble, se tiene que el error de la estimación con el procedimiento utilizado por el CDEC-SIC alcanzaría al 20%. La incorporación de información en tiempo real de caudales, precipitaciones y temperaturas, permitiría complementar la información disponible actual y utilizar modelos que permitan considerar la secuencia completa de los caudales y de las precipitaciones en las centrales de pasada, y no sólo la información de caudales generados. El mejoramiento que podría introducir un procedimiento de esa naturaleza depende de numerosos factores, sin embargo en opinión del consultor

---

<sup>36</sup> El detalle se encuentra en el Anexo N°3 Análisis de la Variación de los Parámetros Hidrológicos de Diseño con los Programas de Mejoramiento, incluido en este estudio.

ese mejoramiento no pudiera ser menos de un 20% del error. Esto significa que se podría esperar un mejoramiento de las estimaciones de al menos el 4% de los caudales de generación de las centrales de pasada.

Sin embargo, se desconoce el impacto final que tendrían estas mejoras en el modelo que utiliza el CDEC-SIC y la posibilidad de realizar simulaciones con este modelo es poco factible<sup>37</sup> y escapa al alcance del estudio. Asumiendo esta falta de información, se han realizado algunos supuestos sobre este impacto, los que se detallan más adelante.

Los beneficios para este caso han sido estimados como un porcentaje del error del modelo de cálculo de los costos marginales del CDEC asociados a las variables hidrológicas y que afectan exclusivamente a las centrales de pasada. Debido a la dificultad para conocer las características técnicas del modelo utilizado por el CDEC-SIC, se han hecho algunos supuestos al respecto. De forma tal de obtener alguna medida monetaria de este beneficio se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio} = \text{Valor Energía} * \text{Error} * \text{Ganancia} * \text{Impacto} * \% \text{Pasada}$$

Donde,

- Valor Energía: Corresponde al valor monetario del consumo eléctrico en el SIC.
- Error: Es el error asociado al valor de la energía producto del efecto de las variables hidrológicas, estimado en un 15%.
- Ganancia: Es la disminución del error que produce el programa en las variables hidrológicas. Corresponde al 4% que se presentó anteriormente.
- Impacto: Valor que reflejaría el impacto final de la Ganancia, supuesto en un 5%.
- %Pasada: Porcentaje de generación de centrales de pasada (25%).

Las cifras utilizadas han sido estimadas según el detalle presentado en la sección anterior.

---

<sup>37</sup> Cada simulación consume muchos recursos computacionales y horas hombre de preparación. Por este motivo el CDEC-SIC realiza una programación semanal.

El porcentaje de generación de centrales de pasada se muestra en el siguiente cuadro. En él se analiza la generación del período 2001-2005 según tipo de generación.

**Cuadro N°25. Generación SIC por Tipo de Central (2001-2005).**

	2001	2002	2003	2004	2005	Promedio
Pasada	8.096	8.862	8.315	7.943	8.830	8.409
Embalse	12.896	13.596	13.485	12.892	16.550	13.884
Térmica	9.729	9.448	11.849	15.456	12.536	11.804
Total	30.721	31.905	33.649	36.291	37.915	34.096
Pasada	26,4%	27,8%	24,7%	21,9%	23,3%	24,8%
Embalse	42,0%	42,6%	40,1%	35,5%	43,7%	40,8%
Térmico	31,7%	29,6%	35,2%	42,6%	33,1%	34,4%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Fuente: CDEC\_SIC

Durante el período 2001-2005 se generaron en promedio 34.096 GWh al año, de los cuales un 25% proviene de centros hidroeléctricos de pasada, porcentaje que se ha mantenido relativamente estable.

Por último, y como se adelantara, el impacto que produce el programa en la disminución del error en el modelo que utiliza el CDEC-SIC es desconocido. Por lo tanto se hace necesario realizar algún supuesto sobre éste. Como cifra tentativa, se ha supuesto un 5% como posible valor<sup>38</sup>.

Si se considera que el programa se va a implementar durante el año 2008, los beneficios van a comenzar a observarse en el año 2009. El siguiente cuadro sintetiza los flujos de beneficios futuros asociado al CDEC-SIC, que se estima produce el programa. Al igual que en los casos anteriores, sólo se considera la proporción de las estaciones que se van a implementar, esto es 334 de 505, lo que implica aplicar un factor de corrección de 66,14%.

<sup>38</sup> La mejora sólo afecta la primera semana por lo que se espera que la variabilidad hidrológica de esta estimación tenga un impacto mínimo.

**Cuadro N°26. Flujo de Beneficios: CDEC-SIC.**

<b>Año</b>	<b>Valor Energía x Error 15% /* (MM\$ Oct 2006)</b>	<b>Beneficios (MM\$ Oct 2006)</b>
2009	193.064	63,8
2010	202.717	67,0
2011	212.853	70,4
2012	223.495	73,9
2013	234.670	77,6
2014	246.403	81,5
2015	258.724	85,6
2016	271.660	89,8
2017	285.243	94,3
2018	299.505	99,0
2019	314.480	104,0
2020	330.204	109,2
2021	346.714	114,7
2022	364.050	120,4
2023	382.253	126,4
2024	401.365	132,7
2025	421.433	139,4
2026	442.505	146,3
2027	464.630	153,7
2028	487.862	161,3
2029	512.255	169,4
2030	537.868	177,9
2031	564.761	186,8
2032	592.999	196,1
2033	622.649	205,9
2034	653.782	216,2
2035	686.471	227,0
2036	720.794	238,4
2037	756.834	250,3
2038	794.676	262,8

Notas:  
/\* Incluye la tasa de crecimiento del 5%. Año 1 igual a 2009.  
Año base 2005: 37.915 GWh. Valor de la Energía: 52,6 US\$/MWh.  
Tipo de Cambio: 530,95 US\$/\$ (Oct 2006).

Fuente: Elaboración propia.

### *II.3.2. Organizaciones de Usuarios (regantes en general).*

Las asociaciones de usuarios organizadas para administrar la distribución de agua, según los derechos que posea cada asociado, presenta la problemática de gestionar la entrega diaria que se hace en época de riego. En la mayoría de los casos, esta decisión se toma con las mediciones de caudal que se tengan disponibles, en los mejores casos con la primera medición del día (por lo general a las 8 de la mañana), o suponiendo que se tendrá el mismo caudal observado en el día anterior.

Los problemas surgen cuando el error se produce al estimar el recurso hídrico por sobre lo que realmente se dispondrá. Esto se traduce en superficies que no podrán disponer de riego, con las correspondientes pérdidas. Adicionalmente se producirán conflictos al interior de las organizaciones debido a que todos querrán ejercer su derecho a riego.

Resulta evidente que contar con información en tiempo real disminuye estos problemas, al disminuirse los errores que se puedan cometer al estimar el caudal de agua a distribuir.

El impacto en la distribución del agua por los canalistas se asimila al caso de las centrales de pasada, considerando sólo los beneficios de distribuir las aguas según información diaria en lugar de semanal, situación que es la más frecuente en sistemas de distribución del agua en la zona central. Además para la estimación se consideran solamente los meses de riego. La información entregada en relación a la calidad predictora de los caudales con 7 días de anticipación muestra que para los meses de riego ella es sólo la mitad de la que se obtiene a nivel anual. De acuerdo a lo anterior se estima que el impacto sería la mitad del indicado por esta misma causa en el caso de las centrales de pasada, es decir, en un 2%.

Los beneficios para este caso han sido estimados como una reducción del error cometido en la distribución del agua por no contar con medición de caudales en tiempo real. De forma tal de obtener alguna medida monetaria de este beneficio se utilizó la siguiente expresión:

$$\text{Beneficio} = \text{Valor Agua a Distribuir} * \text{Ganancia} * \% \text{Acceso}$$

Donde,

- Valor Agua a Distribuir: Corresponde al valor monetario del caudal de riego a ser distribuido.
- Ganancia: Es la disminución del error que produce el programa en las variables hidrológicas. Corresponde al 2% antes señalado.

- %Acceso: Corresponde al acceso efectivo que tendrán los canalistas a la información en tiempo real. Se ha supuesto una curva de aprendizaje que considera una tasa efectiva del 20% hasta llegar al 75% al final del año 5 y en los sucesivos, según el siguiente cronograma.

**Cuadro N°27. Porcentaje efectivo de acceso a información en tiempo real.**

Año	%Acceso
1	15,0%
2	25,0%
3	50,0%
4	65,0%
5 en adelante	75,0%

Fuente: Elaboración propia.

La estimación del caudal a distribuir se presentó en la sección anterior.

Al igual que en todos los casos, sólo se considera la proporción de las estaciones que se van a implementar, esto es 334 de 505, lo que implica aplicar un factor de corrección de 66,14%.

Por lo tanto, si se considera la anualidad equivalente de los derechos de riego (MM\$125.644), la mejora esperada del programa (2%), el porcentaje efectivo de acceso a la información en tiempo real, y la fracción de estaciones que aplica (66,14%), se tienen los siguientes beneficios anuales.

**Cuadro N°28. Flujo de Beneficios: Organizaciones de Usuarios (regantes).**

Año	Anualidad Equivalente Derechos de Agua para Riego (MM\$ Oct 2006)	Reducción del Error al año (%)	%Acceso	Asociaciones de Usuarios (MM\$ Oct 2006)
2009	125.644	2,00%	15,0%	249,3
2010	125.644	2,00%	25,0%	415,5
2011	125.644	2,00%	50,0%	831,0
2012	125.644	2,00%	65,0%	1.080,3
2013 al 2038	125.644	2,00%	75,0%	1.246,5

Fuente: Elaboración Propia.

## II.4. Evaluación Red Actual.

El análisis para la evaluación de la red actual considera la comparación de los costos que se ahorran por dejar de operar la red versus la pérdida de valor de los datos estadísticos que permanecerían a la fecha de “abandonar” la red. En la medida que las pérdidas que se evitan sean mayores al ahorro de costos, la red actual se justificaría.

En esta sección se muestra como se ha obtenido la estimación de lo que sería la pérdida de valor de los datos estadísticos, considerando para ello los agentes asociados al sector infraestructura. Estos últimos son:

- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH):
  - Diseño de Embalses.
  - Diseño de Defensas Fluviales.
  - Diseño de Evacuación Aguas Lluvias.
- Dirección de Vialidad (DV):
  - Diseño de Evacuación de Aguas Lluvias en Caminos.
- Sector Privado: Generación de Energía Hidroeléctrica:
  - Construcción Centrales de Embalse.
  - Construcción Centrales de Pasada.

Para cada uno de ellos se planteó una metodología de medición de beneficios, la cual ha sido ampliamente explicada en la sección II.2 de este anexo, consistente en ir valorizando monetariamente la reducción de los errores en las variables de diseño. En el caso de las pérdidas la situación es análoga, teniendo en cuenta que en vez de disminuir los errores en las variables hidrométricas, éstos aumentan. La aritmética de cálculo sigue siendo la misma, al igual que los parámetros utilizados, a excepción del ya mencionado error.

Para el caso de infraestructura se distingue entre las obras que se diseñan para valores máximos y para valores medios. Para estimar como aumentan los errores en el tiempo al dejar de operar la red, se han utilizado los resultados que se han obtenido del análisis de variación de parámetros de diseño presentado en el anexo N°3 de este trabajo.

En el caso de valores medios se asume que representa el fenómeno de falta de información el aumento del error asociado a la longitud estadística de caudales medio. Del análisis de los antecedentes presentados en el mencionado anexo, se obtiene un decaimiento en promedio del orden de 0.75%/año para períodos estadístico de 20 años, de 1,0 %/año entre 10 y 5 años y del 5% para períodos menores.

En el caso de valores extremos (caudales y precipitaciones), en forma análoga se tienen valores de 0.5 %/ año para períodos de más de 20 años, de 1.0% /año entre 20 y 10 años y 2%/ año para valores menores.

Para determinar la serie anual de pérdida se ha considerado que los registros tienen una longitud de 22 años, valor que corresponde a la longitud estadística de probabilidad 50% de excedencia de las mediciones de la red pluviométrica en operación.<sup>39</sup>

Luego, el aumento de error por beneficiario se muestra a continuación.

---

<sup>39</sup> Valor calculado a partir de información de estaciones entregado por la DGA.

**Cuadro N°29. Aumento de error según beneficiario.**

<b>Año</b>	<b>DOH Embalse Presa</b>	<b>DOH Embalse Vert.</b>	<b>DOH Embalse O.Desvío</b>	<b>DOH D.Fluv.</b>	<b>DOH O.Riego</b>	<b>DOH A.Lluvias (Cauces)</b>	<b>DOH A.Lluvias (Colectores)</b>	<b>Vialidad A.Lluvias</b>	<b>Constr. Cen. Embalse.</b>	<b>Constr. Cen. Pasada</b>
1	0,75%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,50%	0,75%	0,75%
2	1,50%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%	1,50%	1,50%
3	2,25%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,00%	2,25%	2,25%
4	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%	3,00%
5	3,75%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	3,75%	3,75%
6	4,50%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	4,50%	4,50%
7	5,25%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	6,00%	5,25%	5,25%
8	6,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	7,00%	6,00%	6,00%
9	6,75%	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%	8,00%	6,75%	6,75%
10	7,50%	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%	9,00%	7,50%	7,50%
11	8,25%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	10,00%	8,25%	8,25%
12	9,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	11,00%	9,00%	9,00%
13	10,00%	13,00%	13,00%	13,00%	13,00%	13,00%	13,00%	13,00%	10,00%	10,00%
14	11,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	11,00%	11,00%
15	12,00%	17,00%	17,00%	17,00%	17,00%	17,00%	17,00%	17,00%	12,00%	12,00%
16	13,00%	19,00%	19,00%	19,00%	19,00%	19,00%	19,00%	19,00%	13,00%	13,00%
17	14,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	21,00%	14,00%	14,00%
18	19,00%	23,00%	23,00%	23,00%	23,00%	23,00%	23,00%	23,00%	19,00%	19,00%
19	24,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	25,00%	24,00%	24,00%
20	29,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	27,00%	29,00%	29,00%
21	34,00%	29,00%	29,00%	29,00%	29,00%	29,00%	29,00%	29,00%	34,00%	34,00%
22	39,00%	31,00%	31,00%	31,00%	31,00%	31,00%	31,00%	31,00%	39,00%	39,00%
23	44,00%	33,00%	33,00%	33,00%	33,00%	33,00%	33,00%	33,00%	44,00%	44,00%
24	49,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	49,00%	49,00%
25	54,00%	37,00%	37,00%	37,00%	37,00%	37,00%	37,00%	37,00%	54,00%	54,00%
26	59,00%	39,00%	39,00%	39,00%	39,00%	39,00%	39,00%	39,00%	59,00%	59,00%
27	64,00%	41,00%	41,00%	41,00%	41,00%	41,00%	41,00%	41,00%	64,00%	64,00%
28	69,00%	43,00%	43,00%	43,00%	43,00%	43,00%	43,00%	43,00%	69,00%	69,00%
29	74,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	74,00%	74,00%
30	79,00%	47,00%	47,00%	47,00%	47,00%	47,00%	47,00%	47,00%	79,00%	79,00%

Fuente: Elaboración Propia.

Al aplicar estos valores de aumento de error en las expresiones que se incluyen en la sección II.2 de este anexo, se tiene el siguiente flujo de pérdidas por no continuar operando la red.

**Cuadro N°30. Aumento de pérdida (MM\$ Oct 2006).**

Año	DOH Embalse Presa	DOH Embalse Vert.	DOH Embalse O.Desvío	DOH D.Fluv.	DOH O.Riego	DOH A.Lluvias (Cauces)	DOH A.Lluvias (Colectores)	Vialidad A.Lluvias	Constr. Cen. Embalse.	Constr. Cen. Pasada	TOTAL
1	14,5	5,0	6,3	51,5	50,7	45,0	89,0	98,7	0,0	0,0	360,7
2	12,2	4,2	5,3	126,3	100,0	136,8	97,2	219,9	813,0	203,3	1.718,1
3	19,2	8,8	11,1	265,3	210,0	287,2	204,1	461,7	1.219,5	305,0	2.991,8
4	26,8	13,8	17,5	417,8	330,8	452,4	321,5	727,2	1.626,0	406,6	4.340,3
5	35,2	19,3	24,5	584,9	463,1	633,3	450,0	1.018,1	2.032,4	508,3	5.769,2
6	44,4	25,4	32,1	767,7	607,8	831,3	590,7	1.336,2	2.438,9	610,0	7.284,4
7	54,3	32,0	40,5	967,3	765,8	1.047,4	744,2	1.683,6	2.845,4	711,6	8.892,2
8	65,2	39,2	49,6	1.184,9	938,1	1.283,1	911,7	2.062,4	3.251,9	813,3	10.599,4
9	77,0	47,0	59,5	1.421,9	1.125,7	1.539,7	1.094,0	2.474,9	3.658,4	914,9	12.413,1
10	89,9	55,6	70,3	1.679,6	1.329,8	1.818,7	1.292,3	2.923,5	4.064,9	1.016,6	14.341,1
11	103,8	64,8	82,0	1.959,6	1.551,4	2.121,8	1.507,7	3.410,7	4.471,4	1.118,3	16.391,5
12	118,9	74,9	94,7	2.263,3	1.791,9	2.450,7	1.741,4	3.939,4	4.877,9	1.219,9	18.572,9
13	138,7	92,9	117,5	2.808,6	2.223,5	3.041,1	2.160,9	4.888,5	5.419,8	1.355,5	22.247,0
14	160,2	112,5	142,3	3.402,7	2.693,9	3.684,4	2.618,1	5.922,6	5.961,8	1.491,0	26.189,6
15	183,5	133,9	169,4	4.049,2	3.205,7	4.384,5	3.115,5	7.047,8	6.503,8	1.626,6	30.420,0
16	208,8	157,2	198,8	4.751,8	3.762,0	5.145,3	3.656,1	8.270,8	7.045,8	1.762,1	34.958,8
17	236,1	182,4	230,7	5.514,6	4.365,9	5.971,3	4.243,0	9.598,5	7.587,8	1.897,6	39.828,0
18	336,4	209,8	265,3	6.341,8	5.020,8	6.867,0	4.879,5	11.038,3	10.297,7	2.575,4	47.832,0
19	446,1	239,4	302,8	7.238,0	5.730,3	7.837,3	5.569,0	12.598,1	13.007,6	3.253,1	56.221,7
20	566,0	271,5	343,3	8.207,8	6.498,1	8.887,5	6.315,2	14.286,2	15.717,5	3.930,8	65.024,2
21	696,8	306,2	387,2	9.256,6	7.328,4	10.023,2	7.122,2	16.111,7	18.427,5	4.608,6	74.268,3
22	839,2	343,7	434,6	10.389,8	8.225,5	11.250,1	7.994,0	18.084,0	21.137,4	5.286,3	83.984,7
23	994,2	384,1	485,8	11.613,1	9.194,0	12.574,7	8.935,3	20.213,2	23.847,3	5.964,0	94.205,8
24	1.162,5	427,8	541,0	12.932,7	10.238,8	14.003,7	9.950,7	22.510,2	26.557,2	6.641,8	104.966,3
25	1.345,2	474,8	600,5	14.355,4	11.365,1	15.544,1	11.045,2	24.986,3	29.267,1	7.319,5	116.303,2
26	1.543,2	525,5	664,6	15.887,9	12.578,4	17.203,5	12.224,4	27.653,7	31.977,1	7.997,2	128.255,6
27	1.757,7	580,1	733,6	17.537,8	13.884,6	18.990,1	13.493,8	30.525,5	34.687,0	8.675,0	140.865,1
28	1.989,8	638,8	807,9	19.312,9	15.290,0	20.912,2	14.859,7	33.615,3	37.396,9	9.352,7	154.176,2
29	2.240,7	701,9	887,7	21.221,8	16.801,2	22.979,1	16.328,4	36.937,7	40.106,8	10.030,4	168.235,8
30	2.511,7	769,8	973,6	23.273,2	18.425,3	25.200,4	17.906,8	40.508,3	42.816,7	10.708,1	183.094,0

Fuente: Elaboración Propia.

La actualización de estos flujos, considerando la tasa social de descuento utilizada por MIDEPLAN, igual a un 8%, entrega un valor de MM\$309.545. Esta cifra, expresada en términos de anualidad equivalente considerando la misma tasa de descuento en el mismo período de tiempo (30 años), arroja un valor de MM\$25.253 al año.

Esta cifra supone que los agentes no realizan ninguna actividad de medición, lo cual es poco probable que suceda. En efecto, ante la falta de datos es muy probable que los agentes realicen gestiones para medir, al menos en aquellos lugares donde les resulte estratégico para el desarrollo de sus actividades. Para reconocer este efecto se ha supuesto que ningún agente desea un error mayor que el 25%, y que a partir de este valor realiza actividades de medición. El beneficio neto asociado a estas actividades se ha supuesto de forma conservadora nulo. Esto equivale a truncar la tabla de aumento de errores en el nivel 25%. El resultado de aplicar tales supuestos arroja una anualidad equivalente de MM\$9.590 por año.