



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

**EVALUACION DE RECURSOS INCREMENTALES  
APORTADOS AL VALLE DE AZAPA DERIVADOS  
DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL  
ACUIFERO DEL RIO LAUCA**

**REALIZADO POR:  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN**

**S.D.T. Nº 315**

**Santiago, Julio 2011**

**DIRECTOR GENERAL DE AGUAS**

MATIAS DESMADRYL L.

**SUBDIRECTORA GENERAL DE AGUAS**

MARIANA CONCHA M.

**JEFE DIVISION ESTUDIOS Y PLANIFICACION**

CARLOS SALAZAR M.

**EQUIPO DE TRABAJO**

Luis Rojas B.  
Carlos Salazar M.  
Carlos Naudon G.  
Rafael Vallebuona S.  
Guillermo Tapia M.

# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DEFINICIÓN DEL CAUDAL SUSTENTABLE DEL ACUIFERO .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS ALTERNATIVOS .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>EVALUACION ECONOMICA .....</b>	<b>7</b>
4.1	Metodología.....	7
4.1.1	<i>Estimación del Costo Incremental Medio (CIM).....</i>	<i>8</i>
4.1.2	<i>Estimación de VAN y TIR de Proyectos Agrícolas.....</i>	<i>9</i>
4.2	Resultados de la Evaluación de los Proyectos Propuestos .....	9
4.2.1	<i>Evaluación según Costo Incremental Medio, CIM .....</i>	<i>9</i>
4.2.2	<i>Evaluación según VAN y TIR.....</i>	<i>13</i>
4.2.3	<i>Resumen Resultados de las Evaluaciones Económicas.....</i>	<i>16</i>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>19</b>
6.1	ANEXO N°1: .....	20
	ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS DE TRAMITACIÓN EXPEDIENTE ND-I-2-152.....	20
6.2	ANEXO N°2: .....	22
	ANTECEDENTES HIDROLÓGICOS Y SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DE DERECHOS DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO LAUCA.....	22
6.3	ANEXO N°3: .....	39
	ANÁLISIS AGROECONÓMICOS .....	39
6.4	ANEXO N° 4: .....	52
	DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS.....	52

## 1 INTRODUCCIÓN

La cuenca del río San José, como es de amplio conocimiento sustenta una prolífica actividad agrícola dada la buena calidad de aguas; además sustenta en forma importante el abastecimiento de agua de la población de la ciudad de Arica.

Los recursos hídricos propios son escasos y son suplementados por el trasvase de aguas de la cuenca del Río Lauca. La variabilidad de la oferta del recurso está condicionada fundamentalmente por el comportamiento de las precipitaciones de la zona altiplánica que presentan ciclos identificables bajo una mirada de largo plazo.

En épocas de abundancia se puede observar que el río San José conduce caudales significativos que perduran por varios meses y desembocan en el mar; las vertientes en el valle alcanzan caudales significativos que pueden en total superar los 500 l/s y el acuífero alcanza su volumen máximo. En los períodos secos, que se intercalan entre años húmedos el río mantiene caudales permanentes en la zona de cabecera; las vertientes paulatinamente van disminuyendo sus flujos y el acuífero va mermando su volumen; la tasa de reducción de ambos es proporcional al volumen de agua que se extrae para el riego y agua potable, los usos principales en el valle.

En término medio la oferta de agua de largo plazo, considerando tanto aguas superficiales como subterráneas, alcanza del orden de 1.500 l/s la que en la situación actual no permite sostener la demanda media existente.

Esta situación desde hace bastante tiempo ha motivado el análisis de distintas opciones para permitir mejorar la oferta y la gestión de la demanda; es así como desde varios años a la fecha se han realizado diferentes trabajos destinados a identificar alternativas para resolver la situación deficitaria.

Lo anterior en el entendido que el sistema hidrológico es esencialmente variable y que por lo tanto experimentará condiciones de abundancia y escasez relativa, respecto de la oferta promedio, por lo que la sustentabilidad queda definida en la medida que estas fluctuaciones se manejen y aprovechen dentro de un marco de los valores medios de largo plazo.

En este contexto las posibilidades de allegar recursos adicionales al sistema debieran analizarse en la perspectiva de incluirlas como un recurso incremental que vaya supliendo el déficit existente de tal manera de lograr alcanzar el equilibrio medio; permitiendo el almacenamiento del recurso en los períodos húmedos y la utilización del recurso embalsado en los períodos secos, sin perder de vista el valor medio de largo plazo que sostiene el sistema.

Sobre la base de lo anterior resulta necesario analizar alternativas que permitan identificar cual puede ser la opción más conveniente para la colocación de los recursos incrementales que se pueda disponer.

El presente informe tiene por objeto determinar, desde el punto de vista técnico-económico, el mejor uso de los recursos de agua subterránea del acuífero del Lauca, a partir de la evaluación de proyectos de desarrollo agrícola en el valle de Azapa y para el abastecimiento de agua potable de la Ciudad de Arica.

Para ello se realiza un ajuste, actualización y reevaluación de proyectos de aprovechamiento planteados en el Plan Director<sup>1</sup>, en adelante PD, dimensionados de forma coherente con el caudal sustentable de la fuente. La Minería no ha sido considerada dentro de las alternativas de evaluación por cuanto no existe, a la fecha, un proyecto minero específico que determine con claridad un centro de demanda a partir del cual levantar un proyecto de abastecimiento específico. Finalmente, cabe señalar que el aprovechamiento hidroeléctrico, ha sido incorporado sólo como un elemento complementario y alternativo a los usos principales indicados, dado su naturaleza no consuntiva y como fuente de generación no convencional.

## **2 DEFINICIÓN DEL CAUDAL SUSTENTABLE DEL ACUIFERO**

Si bien la DGA no dispone de una evaluación definitiva y completa de los recursos hídricos subterráneos del acuífero del Lauca, para efectos del presente trabajo se ha estimado una primera aproximación de 280 l/s sobre la base del análisis contenido en el Anexo N°2. Según éste, el caudal disponible proviene del flujo subterráneo pasante por el acuífero confinado en el sector de Misitune. Este flujo subterráneo, o recarga del acuífero, ha sido determinado a partir de la calibración del Modelo de Simulación Hidrogeológico<sup>2</sup>, y se compone del flujo de entrada desde el sector norte, 90 l/s, más la recarga de las cuencas intermedias definidas en el área aportante de las subcuencas localizadas al oeste y este de los límites del modelo, el cual ascendería a 190 l/s.

Cabe señalar que los 280 l/s responden a una condición media alrededor de la cual existirían fluctuaciones del orden de 100 l/s, asociadas al orden de magnitud de las variables individuales que componen el conjunto de incertidumbres naturales y antrópicas, propias del modelo conceptual adoptado, del balance hídrico y de las características elásticas y geométricas de los acuíferos de la cuenca. Quedando en la práctica un rango posible entre 180 y 380 l/s.

---

<sup>1</sup> Plan Director de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río San José, DGA 1996

<sup>2</sup> Modelo de Simulación Hidrológico Operacional del Sistema Lauca Azapa”, DGA 1998

### 3 IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS ALTERNATIVOS

Sobre la base de los principales usos y de la demanda insatisfecha de la región, para la presente evaluación se han identificado tres proyectos de infraestructura específicos propuestos originalmente en el Plan Director, que son:

- I. Habilitación y Construcción Sondajes Canal Lauca (Objetivo Agua Potable).
- II. Habilitación y Construcción Sondajes Canal Lauca y Mejoramiento Canales Lauca y Azapa.(Objetivo Riego).
- III. Habilitación y Construcción Sondajes Sector Canal Lauca Para Aprovechamiento En Riego y agua Potable.

Proyectos estimados preliminarmente como los más convenientes, asumiendo que no existen restricciones o limitaciones legales ni ambientales, y que sólo requieren de la voluntad e interés para su ejecución.

Las alternativas específicas surgen de las adaptaciones y modificaciones necesarias para ajustar estos proyectos bases a las condiciones actuales, como el caudal de diseño o el destino final del proyecto, obteniéndose el siguiente listado de alternativas propuestas:

Proyecto Plan Director		Modificaciones al proyecto original	Alternativa	Código Actual
1	Habilitación y Construcción Sondajes Canal Lauca.  <b>Código PD: AP2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se modifica batería de sondajes. Se utilizan sólo pozos DOH</li> </ul>	No hay	<b>AP0</b>
2	Habilitación y Construcción Sondajes Sector Canal Lauca Para Aprovechamiento En Riego y Agua Potable.  <b>Código PD: FUM7</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se modifica caudal de diseño de 545 l/s a 280 l/s</li> <li>• Se modifica batería de sondajes. Se utilizan sólo pozos DOH</li> <li>• Se descarta reparación Canal Azapa</li> <li>• Se modifica destino del proyecto. Diseño final sólo para uso Agua Potable</li> </ul>	Sin generación Hidroeléctrica	<b>AP1-SG</b>
			Con Generación Hidroeléctrica	<b>AP1-CG</b>

3	Habilitación y Construcción Sondajes Canal Lauca y Mejoramiento Canales Lauca y Azapa.  <b>Código PD: AR1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se modifica caudal de diseño de 545 l/s a 280 l/s</li> <li>• Se modifica batería de sondajes. Se utilizan sólo pozos DOH</li> </ul>	Sin generación Hidroeléctrica	<b>RG-SG</b>
			Con Generación Hidroeléctrica	<b>RG-CG</b>

Una descripción resumida de estos proyectos se presenta en el capítulo de evaluación económica y más detalladamente en el Anexo 4.

Cabe señalar que para ningún proyecto se incluye costos de habilitación de los pozos DOH, o reemplazo por nuevos sondajes, o re perforación de los mismos, ni cualquier otra modificación. Dato que pudiese ser relevante dependiendo de la solución final adoptada, pero que sin embargo no se espera que produzca distorsiones en el análisis comparativo entre proyectos

## 4 EVALUACION ECONOMICA

### 4.1 Metodología

Los criterios de evaluación económica tradicionales requieren conocer los beneficios esperados asociados a la inversión efectuada. En el presente trabajo la inversión se determina directamente a partir del desarrollo técnico de cada proyecto, sin embargo, la cuantificación de beneficios es un poco más compleja debido a los distintos usos asociados, ya sea porque pertenezca a un sector regulado, como en el sector del agua potable, porque dependa de una buena caracterización de la oferta y la demanda hídrica, como en el caso agrícola, o debido a la integración de proyectos como el caso de la generación hidroeléctrica, que en estricto rigor integra beneficios con intereses distintos. Consecuentemente, dado el nivel de evaluación requerido (pre factibilidad), se efectúan necesariamente algunas simplificaciones para cada caso. Es así que como criterio transversal se asume que el beneficio generado por la generación hidroeléctrica, se integra como un elemento de segundo orden cuya valoración, conservadora, se incorpora en forma de ahorro al costo de operación de cada proyecto, como lo es el gasto energético causado por la operación de la batería de pozos de bombeo e impulsión de agua al Canal Lauca.

Por otra parte, para mejorar las posibilidades de comparación entre proyectos de distinta finalidad, se aplican dos metodologías de evaluación económica. En primera instancia, de forma transversal a los proyectos identificados, se aplica una metodología que considera el monto de las inversiones y de la producción de

agua, utilizada en la evaluación de proyectos sanitarios, que consiste en la evaluación del costo medio de incrementar la producción (construcción de obras necesarias que permiten satisfacer total o parcialmente la demanda no satisfecha). Este indicador recibe el nombre de Costo Incremental Medio (CIM) y refleja los costos aproximados de mediano plazo, sirviendo como orientación para las decisiones desde el punto de vista de la inversión.

En segunda instancia, y sólo para el caso de comparar entre los proyectos de riego se efectúa adicionalmente una evaluación económica privada basada en la obtención de los indicadores VAN y TIR comúnmente utilizados en este tipo de proyectos.

#### 4.1.1 Estimación del Costo Incremental Medio (CIM)

Este indicador se calcula a partir de la siguiente relación

$$\text{CIM} = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{\text{Inversión + Operación}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^T \frac{\text{Volumen de Producción Anual}}{(1+r)^t}} \quad (\$/\text{m}^3)$$

En que      T:      Período de análisis  
               r:      Tasa de descuento

El indicador reparte los costos de inversión en el período de análisis y toma en cuenta los distintos niveles de utilización de la capacidad de las obras, mediante la actualización de los volúmenes anuales producidos. De esta manera, los costos de inversión serían recuperados si se aplicara una tarifa por lo menos igual al CIM durante un lapso igual al período de análisis del proyecto. En general, hablando en términos relativos un CIM alto refleja un proyecto no adecuado en relación al programa de inversiones y sus resultados.

En este caso se ha asumido un período de análisis de 30 años, similar al período de evaluación de los proyectos agrícolas, y la tasa de descuento un 7%, de acuerdo con el procedimiento establecido por la SISS para la Empresa Sanitaria de la Región, que también coincide con la tasa de descuento para los proyectos de riego.



#### **4.1.2 Estimación de VAN y TIR de Proyectos Agrícolas**

En este caso, las alternativas de infraestructura identificadas como RG-SG y RG-CG, se evalúan adoptando dos escenarios de uso posible, que consisten en:

- A. La habilitación puesta en producción de nuevas hectáreas de cultivo.
- B. Mejora de la seguridad de riego del valle.

Ambos escenarios presentan flujos de inversión, costos y beneficios distintos a partir de Bocatoma Canal Azapa, y representan dos de las alternativas de riego con mayores posibilidades de ser concretadas.

#### **4.2 Resultados de la Evaluación de los Proyectos Propuestos**

##### **4.2.1 Evaluación según Costo Incremental Medio, CIM**

###### **4.2.1.1 PROYECTO AP0: Habilitación Sondajes Canal Lauca para aprovechamiento en agua potable**

Detalle Resumido:

Este proyecto fue propuesto originalmente en el PD y posee un conjunto de escenarios o alternativas de desarrollo del acuífero, que se diferencian entre sí por el caudal bombeado. Para el caso de nuestro interés el proyecto a evaluar sólo considera una producción de 252 l/s de agua potable, obtenidos a partir de la extracción de 280 l/s desde el acuífero. Este caso, es muy similar al escenario n°2 del proyecto original, diferenciándose de éste último en que se prescinde de la construcción de pozos complementarios a los 7 pozos ya construidos por DOH (identificados en el Anexo 1).

El proyecto consiste en el bombeo, impulsión, conducción y tratamiento del agua a la Ciudad de Arica, por medio de una aducción, compuesta de tuberías en presión, acueductos, estanques de carga, reductores de presión y planta de tratamiento, cuyo detalle y trazado se indica en Anexo N°4.

El resumen de las inversiones, reemplazos de equipos y costos de operación de este proyecto se presentan en la siguiente Tabla. El ahorro por dejar de explotar la misma cantidad de agua desde el acuífero del valle de Azapa se ha descontado los costos de operación del proyecto

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>	
Habilitación hacia Planta Elevadora	220
Planta Elevadora e Impulsión	75,3
Aducción a Planta de Tratamiento	1286,9
Planta de Tratamiento	105,7
Aducción a Ciudad	138,8
<b>SUB-TOTAL</b>	1826,7
10% Estudio de Ingeniería	182,67
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>2009,4</b>
Costos de Reemplazo Equipos	182,7

<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m<sup>3</sup>)</b>	
Costo Energía	0,00894
Costo Operación Planta	0,00174
Costo Personal	0,00015
Costo de Mantención	0,00106
<b>TOTAL PARCIAL</b>	0,01189
Ahorro Energía bombeo Valle	0,00038
<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01151</b>

Desglose	Costo Incremental del proyecto		
	\$/m <sup>3</sup>	UF/m <sup>3</sup>	US\$/m <sup>3</sup>
Inversión	507	0,023	1,07
Operación	280	0,013	0,59
Total	796	0,036	1,66

#### **4.2.1.2 PROYECTO AP1: HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA Y MEJORAMIENTO CANAL LAUCA PARA APROVECHAMIENTO EN AGUA POTABLE**

Detalle Resumido:

El proyecto original contenido en el PD posee como objetivo el aprovechamiento de los recursos subterráneos de la cuenca del río Lauca, con el fin de complementar los recursos superficiales utilizados para riego en el valle de Azapa y aumentar la producción de agua potable para Arica.

Para el caso de nuestro interés el proyecto a evaluar considera una producción final de 210 l/s para agua potable, obtenidos a partir de la extracción de 280 l/s desde el acuífero, no se considera aportes suplementarios para riego. Este caso, es muy similar al proyecto original, diferenciándose de éste último en que se prescinde de la construcción de pozos complementarios a los 7 pozos ya construidos por DOH (identificados en el Anexo 1). Se plantea una mejora del canal Lauca pero no se considera la mejora del Canal Azapa como el proyecto original.

Alternativa AP1-SG

El proyecto en su primer tramo consiste en el bombeo y conducción del caudal extraído hasta la bocatoma del canal Azapa, para ello se utilizan el canal Lauca, túnel de trasvase existente, desvió a través de la quebrada chusmiza, y finalmente el río San José, posteriormente en su segundo tramo, a partir de la

bocatoma del canal Azapa, consiste en la conducción y tratamiento del agua a la Ciudad de Arica, por medio de una aducción, compuesta de tuberías en presión, acueductos, estanque de regulación, reductores de presión y planta de tratamiento, cuyo detalle y trazado se indica en Anexo N°4.

El resumen de las inversiones, reemplazos de equipos y costos de operación de este proyecto se presentan en la siguiente Tabla. El ahorro por dejar de explotar la misma cantidad de agua desde el acuífero del valle de Azapa se ha descontado a los costos de operación del proyecto

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>	
Mejoramiento canal Lauca	167,8
Obra de Toma	296,291
Planta de Tratamiento	135,5
Aducción a Ciudad	181,248
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>780,8</b>
10% Estudio de Ingeniería	78,0839
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>858,9229</b>
Costos de Reemplazo Equipos	182,67

<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m<sup>3</sup>)</b>			
Costo Energía	0,00894		
Costo Operación Planta	0,00174		
Costo Personal	0,00015		
Costo de Mantenimiento	0,00106		
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>0,01189</b>		
Ahorro Energía bombeo Valle	0,00038		
<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01151</b>		

Desglose	Costo Incremental del proyecto		
	\$/m <sup>3</sup>	UF/m <sup>3</sup>	US\$/m <sup>3</sup>
Inversión	282,1	0,013	0,59
Operación	338,2	0,015	0,71
Total	620,2	0,028	1,31

#### Alternativa AP1-CG

Esta alternativa difiere de la anterior en que además incluye el empleo del caudal y desnivel para la generación hidroeléctrica por la central Chapiquiña, por ello a diferencia del primero no se utiliza el desvío por la quebrada chusmiza, el detalle y trazado del escenario se indica en Anexo N°4

El resumen de las inversiones, reemplazos de equipos y costos de operación de este proyecto se presentan en la siguiente Tabla. El ahorro por dejar de explotar la misma cantidad de agua desde el acuífero del valle de Azapa se ha descontado a los costos de operación del proyecto.

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>		<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m<sup>3</sup>)</b>			
		Costo Energía	0,00894		
		Costo Operación Planta	0,00174		
		Costo Personal	0,00015		
		Costo de Mantenición	0,00106		
		<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>0,01189</b>		
		Ahorro Energia por bombeo Valle	0,00038		
		<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01151</b>		
		Desglose	Costo Incremental del proyecto		
			\$/m <sup>3</sup>	UF/m <sup>3</sup>	US\$/m <sup>3</sup>
		Inversión	282,1	0,013	0,59
		Operación	77,7	0,004	0,164
		Total	359,8	0,02	0,76
Mejoramiento canal Lauca	167,8				
Obra de Toma	296,291				
Planta de Tratamiento	135,5				
Aducción a Ciudad	181,248				
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>780,8</b>				
10% Estudio de Ingeniería	78,0839				
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>858,9229</b>				
Costos de Reemplazo Equipos	182,67				

#### 4.2.1.3 PROYECTO RG: Habilitación Sondajes Canal Lauca y Mejoramiento Canales Lauca y Azapa para aumento de disponibilidad de riego.

Detalle Resumido:

El proyecto original contenido en el PD posee un conjunto de escenarios o alternativas de desarrollo, que se diferencian entre sí por el mejoramiento de los canales Lauca y Azapa, junto con la construcción de sondajes adicionales. Para el caso de nuestro interés el proyecto considera una extracción de 280 l/s desde el acuífero del Lauca, mediante la utilización de los 7 pozos ya construidos por DOH (identificados en el Anexo 1), con una entrega de 232 l/s de agua en la bocatoma del Canal Azapa.

##### Alternativa RG-SG

Esta alternativa consiste en el bombeo y conducción del caudal hasta la bocatoma del canal Azapa, para ello se utilizan el canal Lauca, túnel de trasvase existente, desvió a través de la quebrada chusmiza, y finalmente el río San José, el detalle y trazado del escenario se indica en Anexo N°4.

El resumen de las inversiones, reemplazos de equipos y costos de operación de este proyecto se presentan en la siguiente Tabla.

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>		<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m<sup>3</sup>)</b>			
Mejoramiento canal Lauca	167,8	Costo Energía	0,00894		
Mejoramiento Canal Azapa	10	Costo Personal	0,00015		
<b>SUB-TOTAL</b>	177,8	Costo de Mantención	0,00106		
10% Estudio de Ingeniería	17,78	<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01015</b>		
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>195,58</b>				
Costos de Reemplazo Equipos	182,67				
		<b>Desglose</b>	<b>Costo Incremental del proyecto</b>		
			<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>UF/m<sup>3</sup></b>	<b>US\$/m<sup>3</sup></b>
		Inversión	131,3	0,006	0,276
		Operación	267,7	0,012	0,564
		Total	399	0,018	0,840

#### Alternativa RG-CG

Este escenario es similar a la alternativa RG-SG, pero contempla además el empleo del caudal en la generación hidroeléctrica por la central Chapiquiña, a diferencia del primero no se utiliza el desvió de la quebrada chusmiza. El detalle y trazado del escenario se indica en Anexo N°4.

El resumen de las inversiones, reemplazos de equipos y costos de operación de este proyecto se presentan en la siguiente Tabla.

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>		<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m<sup>3</sup>)</b>			
Mejoramiento canal Lauca	167,8	Costo Energía	0,00894		
Mejoramiento Canal Azapa	10	Costo Personal	0,00015		
<b>SUB-TOTAL</b>	177,8	Costo de Mantención	0,00106		
10% Estudio de Ingeniería	17,78	<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01015</b>		
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>195,58</b>				
Costos de Reemplazo Equipos	182,67				
		<b>Desglose</b>	<b>Costo Incremental del proyecto</b>		
			<b>\$/m<sup>3</sup></b>	<b>UF/m<sup>3</sup></b>	<b>US\$/m<sup>3</sup></b>
		Inversión	131,3	0,006	0,276
		Operación	31,9	0,001	0,067
		Total	163,2	0,007	0,344

#### 4.2.2 Evaluación según VAN y TIR

Tal como se indicó en el punto 4.1.2, la evaluación privada es aplicada a los proyectos de riego, simulando dos condiciones de uso muy distintas, que son:

Caso A: Habilitación y puesta en producción de nuevas hectáreas de cultivo

Caso B: Mejora de la seguridad de riego del valle

#### **4.2.2.1 Caso A: Habilitación y puesta en producción de nuevas hectáreas de cultivo.**

Descripción:

Para este escenario se cuenta con un estudio Agronómico aportado por la DOH, que se puede consultar en el anexo 3-A, basado en la habilitación de nuevas superficies de riego, con una disponibilidad de agua de 232 l/s puestos en Bocatoma Canal Azapa, por el proyecto RG. Estudio que asume en lo principal las siguientes condiciones y supuestos:

- El caudal de 232 l/s llega al sector de bocatoma Canal Azapa en forma permanente y continúa a lo largo del año.
- De los 232 l/s se resta el 10% por concepto de eficiencias de conducción y pérdidas de carga aguas abajo de bocatoma, quedando un caudal útil de 209 l/s.
- Se procede sobre la base de los cultivos con más desarrollo y más rentables, y considerando diferentes períodos de cosecha con el objeto de abarcar en lo posible un uso continuo de los 208l/s.
- Debido a que en los meses estivales la agricultura de Arica compite con los bajos precios del sector Centro Norte el uso del agua no llega a los 209 l/s, y los excedentes son utilizados para el riego de olivos, incorporándose como beneficio el ahorro de costos de bombeo que actualmente realizan los productores de Olivo.
- Se considera que toda la superficie del valle con posibilidades de riego bajo canal esta actualmente ocupada, por lo que se considera los costos de habilitar suelos a mayor altura y sus correspondientes costos de impulsión.
- Se considera un costo \$0 para los nuevos suelos de secano a habilitar, ya que son fáciles de obtener debido a su nula productividad económica.
- Se utiliza una tasa privada de 7%, dentro del rango solicitado por MIDEPLAN, y un período de 30 años considerando adicionalmente el año "0" donde comienzan los flujos de inversión.
- No se contempla una condición base sin proyecto, por cuanto se trata de la puesta en riego de nuevas hectáreas de cultivo, frente a la cual la situación de demanda del valle se mantendría prácticamente sin modificaciones, salvo por la utilización de los excedentes de agua generados en los meses de menor demanda, que en promedio alcanzan los 40 l/s, y que al ser utilizados en el riego de olivos disminuye en parte la sobreexplotación del acuífero.

- El inicio de operaciones se produce en el año 3 debido a las actividades previas de preparación de suelos e implementación de infraestructura intrapredial.

El estudio agronómico que define en detalle este escenario y que determina los flujos financieros se presenta en el anexo 3-A, el que fue facilitado por la Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) a solicitud de la DGA y sus resultados se resumen en la siguiente Tabla:

	<b>Nuevas Hectarea de Cultivo</b>	
	<b>RG-SG</b>	<b>RG-CG</b>
<b>TIR</b>	8.5%	23.8%
<b>VAN (UF)</b>	69,266	906,121
<b>VAN (MM\$)</b>	1,514	19,801

**Obs:** Valores UF actualizado al 19/7/2011

#### 4.2.2.2 Caso B: Mejora de la seguridad de riego del valle

La evaluación de este escenario resulta más compleja, ya que no sólo debió ser determinada la situación base, sino que además la demanda y la oferta hidrológica para los 30 años del periodo de evaluación.

Algunos datos económicos tales como el beneficio neto anual del conjunto de cultivos del Valle de Azapa, o rendimiento neto por hectárea (\$/há) para distintas disponibilidades hidrológicas, fueron recopilados y actualizados de evaluaciones previas contenidas en la bibliografía, otros datos, como la serie de oferta hidrológica o de déficit hídrico debieron ser generadas específicamente para el presente trabajo.

El aumento de disponibilidad de agua superficial mejora la productividad del valle, y a la vez, disminuye la presión sobre el acuífero, que como se ha dicho se encuentra sobrepasado en su sustentabilidad de largo plazo, por lo que el análisis plantea también la utilización de una superficie de cultivo máxima o sustentable para la situación con proyecto, valor que fue alcanzado aproximadamente con 3000 Há. El análisis detallado de este escenario se encuentra en el Anexo 3-B, y los resultados económicos sus resultados se resumen en la siguiente Tabla:

	<b>Mejor Seguridad Riego</b>	
	<b>RG-SG</b>	<b>RG-CG</b>
<b>TIR</b>	20.0%	36.5%
<b>VAN (UF)</b>	505,541	1,342,396
<b>VAN (MM\$)</b>	11,047	29,334

**Obs:** Valores UF actualizado al 19/7/2011

## 4.2.3 Resumen Resultados de las Evaluaciones Económicas

### Valores de Costo de Incremento Marginal CIM por Alternativa

Alternativa Inbversión	Valores en: \$/m3				
	AP0	AP1-SG	AP1-CG	RG-SG	RG-CG
<b>INVERSIÓN</b>	507	282	282	131	131
<b>OPERACIÓN</b>	280	338	78	268	32
<b>TOTAL</b>	788	620	360	399	163

Alternativa Inversión	Valores en: UF/m3				
	AP0	AP1-SG	AP1-CG	RG-SG	RG-CG
<b>INVERSIÓN</b>	0.02	0.013	0.013	0.006	0.006
<b>OPERACIÓN</b>	0.01	0.015	0.004	0.012	0.001
<b>TOTAL</b>	0.04	0.028	0.016	0.018	0.007

Alternativa Inversión	Valores en: US\$/m3				
	AP0	AP1-SG	AP1-CG	RG-SG	RG-CG
<b>INVERSIÓN</b>	1.07	0.59	0.59	0.28	0.28
<b>OPERACIÓN</b>	0.59	0.71	0.16	0.56	0.07
<b>TOTAL</b>	1.66	1.31	0.76	0.84	0.34

**Obs:** Los Costos de incrementos marginales de proyectos de RG-CG y AP1-CG incluyen el beneficio por generación

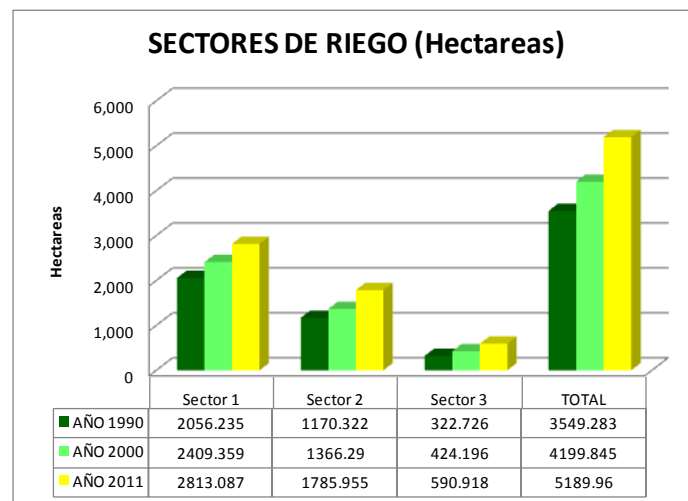
	Nuevas Hectarea de Cultivo		Mejor Seguridad Riego	
	RG-SG	RG-CG	RG-SG	RG-CG
<b>TIR</b>	8.5%	23.8%	20.0%	36.5%
<b>VAN (UF)</b>	69,266	906,121	505,541	1,342,396
<b>VAN (MM\$)</b>	1,514	19,801	11,047	29,334

**Obs:** Valores UF actualizado al 19/7/2011



## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A nivel de infraestructura base, el proyecto de riego RG es el que presenta el menor CIM, con 399 \$/m<sup>3</sup>, valor muy promisorio respecto de los proyectos con finalidad de abastecimiento de agua potable, cuyo mejor CIM alcanza los 620 \$/m<sup>3</sup>, es decir, un 55% superior.
- La alternativa de generación hidroeléctrica aparece como una auspiciosa fuente de disminución de costos operacionales, cuyo efecto es transversal a la mayor parte de los proyectos evaluados.
- Dentro de las alternativas de uso agrícola, el aumento de seguridad de riego de la superficie de cultivo bajo canal, presenta mejores resultados económicos respecto de la habilitación y puesta en riego de nuevas hectáreas de cultivo en el Valle de Azapa.
- Con los recursos de agua actuales, superficiales y subterráneos, la superficie de riego sustentable de largo plazo del Valle de Azapa asciende a 2442 há, valor cercano a una condición hidrológica del 50%, y de 1900 há para una condición hidrológica aproximada al 85%.
- Con un incremento de 232 l/s, suministrados en forma continua en Bocatoma canal Azapa, la superficie de cultivo sustentable de largo plazo ascendería a 3000 há, y la superficie 85% ascendería 2442 há.
- No obstante lo anterior, la superficie cultivable del valle ha experimentado un crecimiento sostenido, muy por sobre los niveles de sustentabilidad de largo plazo, lo que se puede observar en el siguiente cuadro confeccionado a base de imágenes satelitales.



Y aunque no representa necesariamente la superficie efectivamente cultivada en el año correspondiente, si refleja claramente un incremento de la demanda basada en una sobreexplotación del acuífero. Lo cual reafirma la recomendación de no incrementar ni incentivar un mayor aumento de la superficie de riego.

- Consecuentemente con lo anterior, mayores aumentos de la superficie de riego requeriría necesariamente de mayores recursos de agua en forma regular.
- Entre las posibles alternativas que pudiesen generar nuevos recursos regulares de agua.
  - i. Regulación de crecidas.
  - ii. Aumento de infiltración desde el cauce (inducción de meandros)
  - iii. Trueque o swap de agua entre el agua potable y el uso agrícola, por medio de una Planta Desaladora de Agua de Mar.

## **6 ANEXOS**

**6.1 ANEXO N°1:**

**ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS DE  
TRAMITACIÓN EXPEDIENTE ND-I-2-152**

Producto del agudo déficit de agua potable y de riego que presentaba la ciudad de Arica al inicio de la década de los 90, la Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A. solicitó, con fecha 27 de octubre del año 1993, un derecho de aprovechamiento de aguas subterráneas por un caudal total de 342 l/s, sobre 7 pozos construidos por el Ministerio de Obras Públicas en la cuenca del río Lauca, Comuna de Putre, Provincia de Parinacota, I Región. Más tarde, dicha solicitud de aprovechamiento es traspasada mediante escritura pública, de fecha 7 de marzo de 1995, a la DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PUBLICAS.

POZO N°	CAUDAL SOLICITADO (l/s)
4	45
5	43
6	45
7	60
8	75
9	65
10	9

Con fecha 30/05/97, la Dirección Regional de la DGA, I región, propone al Director General constituir un caudal total de 224 l/s, sobre la base del análisis de las pruebas de bombeo correspondientes. No obstante lo anterior, mediante **ORD. 226**, el Depto. de CPRH de la DGA, se pronuncia en virtud del Art. N°10 letra p del Reglamento del SEIA, el cual establece que dicha solicitud debe ingresar al SEIA.

Actualmente el trámite de otorgamiento de los derechos de aprovechamiento se encuentra pendiente.

## **6.2 ANEXO N°2:**

**ANTECEDENTES            HIDROLÓGICOS            Y  
SITUACIÓN ADMINISTRATIVA DE DERECHOS  
DE AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO LAUCA**

## **“Antecedentes Hidrológicos y Situación Administrativa de Derechos de Agua en la Cuenca del Río Lauca”**

### **1. Introducción:**

El presente informe técnico tiene por objeto establecer el Balance Hídrico de la Cuenca Alta del Río Lauca, así como, describir la situación administrativa actualizada sobre los derechos de agua.

Para lo anterior, se ha recopilado los antecedentes técnicos relevantes que se indican en la Bibliografía, todos los cuales aportan con la información suficiente para dar cabal respuesta a lo solicitado.

Cabe señalar respecto de los balances solicitados se ha privilegiado aquellos estudios que poseen mayor actualización en su información hidrológica, como es el caso del estudio “Actualización Recursos Hídricos para Restablecimiento de Derechos Ancestrales Indígenas I y II Regiones”. AC Asoc. Ltda. para DGA-MOP. SIT N° 73. Septiembre 2001. Cuya metodología y resultados se reproducen en el punto 2 siguiente. Sólo se han efectuado análisis adicionales sobre la base de registros hidrológicos extractados desde el BNA, cuando dicha información no se haya encontrado abordada en el estudio correspondiente.

Respecto de la información hidrogeológica, el análisis de los diversos estudios citados por lo general cuentan con el mismo nivel de información disponible, y sus conclusiones son coincidentes en la caracterización del sistema acuífero existente. En este caso se ha privilegiado los estudios 1,2,3,4 y 6, identificados en la bibliografía adjunta, por cuanto incluyen la modelación hidrogeológica del sistema confinado, que da cuenta apropiadamente de los flujos subterráneos involucrados.

### **2. Balance Hídrico de Cuencas**

Tal como se indicó anteriormente y de acuerdo con lo solicitado, el balance hídrico se determinará sobre la totalidad de la cuenca del río Lauca, que cubre un área de drenaje de 2648 km<sup>2</sup> hasta la estación de control “Lauca en Japu o frontera, así como, de su subcuenca alta hasta el área de interés (Lauca en Misitune) con un área de drenaje de 677 km<sup>2</sup>, ver figura N°1. Para ello se adopta la metodología aplicada en el estudio SIT N° 73 de septiembre 2001, la cual consiste en la determinación independiente de los distintos parámetros que constituyen la ecuación de balance hídrico de una cuenca cualquiera:

$$P = E_T + ETR + EV + S$$

Donde:

P = precipitación

$E_T$  = escorrentía total =  $E_{SD} + E_{SB}$

$E_{SD}$  = escorrentía superficial directa

$E_{SB}$  = escorrentía subterránea

ETR = evapotranspiración

EV = evaporación

S = variación del almacenamiento

En la evaluación de cada término de la ecuación se ha considerado lo siguiente:

Para largos períodos de tiempo y para ciclos hidrológicos completos, se puede establecer que la variación de almacenamiento (S) en la cuenca es cero, ya que en promedio tienden a compensarse en forma natural años hidrológicos con excedentes hídricos con años deficitarios.

La escorrentía superficial directa en régimen natural ( $E_{SD}$ ), es la escorrentía superficial observada o registrada en los puntos con control fluviométrico más las extracciones artificiales, esto es:

$$E_{SD} = Q_{FLUV} + Q \text{ Extracciones}$$

En la cuenca del Río Lauca la  $E_{SD}$  esta dada por el  $Q_{FLUV}$  de la estación de control "Río Lauca en Japu", cuya ubicación próxima a la frontera con Bolivia cierra los flujos superficiales de esta cuenca, más las extracciones históricas del canal Lauca en su cuenca alta, Río Lauca en Bocatoma. Para el caso de la subcuenca definida hasta el sector de Misitune no se dispone de estación de control fluviométrica (ver figura N°1), y por tanto, la determinación de la  $E_{SD}$  en este punto debe realizarse en forma indirecta, a partir de los resultados del balance de esta subcuenca y del balance hídrico que se efectuará sobre el acuífero en la sección siguiente. En este sentido, cabe señalar que en esta sección del informe lo que se determina es la escorrentía total ( $E_T$ ), la que a su vez puede ser desagregada según se disponga de los valores determinados para la escorrentía superficial o para la escorrentía subterránea.

La precipitación (P), se calcula a partir de las estadísticas pluviométricas y curvas isoyetas, estableciéndose un valor ponderado sobre cada cuenca.

La evapotranspiración (ETR), es evaluada considerando zonas de cultivos, bofedales y superficies con vegetación natural.

La evaporación (EV) es estimada para la superficie libre de los cuerpos de agua en cada zona.



En la Tabla N° 1 y 2, se entregan para cada cuenca los resultados del modelo de balance para cada mes y para cada componente de la ecuación. Los valores mensuales determinados en l/s corresponden a valores medios o tipo 50%.

Tabla N°1. Resumen Balance para cuenca Río Lauca en Japu (valores en l/s)

Item	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Precipitación	3822.8	7870.2	33602.1	94832.1	77176.0	50348.1	6668.1	1179.4	2510.8	2769.4	3658.8	1498.9
Evaporación y Evapotranspiración												
Lagunas	2663.9	2636.4	2639.9	2115.5	1973.6	2025.3	2184.8	2192.3	2026.5	2121.1	2285.7	2400.9
Bofedales	1753.1	1735.0	1737.3	1392.2	1298.8	1332.8	1437.8	1442.8	1333.6	1395.9	1504.2	1580.0
Cultivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natural	71262.0	70526.3	70620.3	56590.7	52795.9	54178.3	58445.3	58646.5	54209.7	56740.9	61144.3	64225.1
Total	75679.1	74897.8	74997.5	60098.4	56068.4	57536.5	62067.9	62281.6	57569.8	60257.8	64934.2	68206.0
Escorrentía Total	0	0	0	34733.8	21107.6	0	0	0	0	0	0	0

Tabla N°2. Resumen Balance para subcuenca Río Lauca en Misitune (valores en l/s)

Item	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep
Precipitación	1072.0	2520.2	9585.6	25675.8	20924.9	13885.4	1949.9	342.2	654.9	641.4	954.6	400.8
Evaporación y Evapotranspiración												
Lagunas	2331.5	2322.0	1949.0	2025.0	1995.9	1747.5	1887.6	1751.7	1682.6	1559.5	1857.9	1938.7
Bofedales	656.1	653.4	548.5	569.8	561.7	491.8	531.2	492.9	473.5	438.9	522.8	545.6
Cultivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natural	14895.9	14835.7	12452.5	12937.8	12752.3	11165.0	12059.8	11191.5	10750.6	9963.7	11870.6	12386.8
Total	17883.5	17811.2	14950.0	15532.6	15309.9	13404.3	14478.6	13436.1	12906.7	11962.1	14251.4	14871.1
Escorrentía Total	0	0	0	10143.1	5615.0	481.0	0	0	0	0	0	0

En dichas Tablas puede apreciarse que el método del balance mensual entrega valores cero de escorrentía cuando las demandas evapotranspirativas superan a la precipitación en cada mes, lo cual es correcto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que gran parte de la escorrentía señalada, distinta de cero, se distribuye en los siguientes meses del año debido a los flujos de retardo subsuperficiales y subterráneos. Por lo anterior, es más aconsejable plantear el resultado de estos balances en términos de la escorrentía media anual. En la tabla N°3 siguiente, se indican estos resultados en caudales medios anuales.

Tal como se indicó anteriormente, para el caso de la cuenca del Río Lauca hasta la localidad de Japu o Frontera, la escorrentía total ET ha podido ser desagregada en escorrentía superficial directa ESD, en régimen natural, y la escorrentía subterránea ESB, gracias a que se dispone de la medición directa del QFLUV o caudal medio anual de la estación de control fluviométrico "Río Lauca en Japu", y del caudal medio anual de extracción por el Canal Lauca. Este último, medido en la estación de control fluviométrico "Descarga Central Chapiquiña", perteneciente a EDELNOR.

Para el caso de la cuenca del Río Lauca hasta la localidad de Misitune, los valores señalados en la tabla han sido determinados a partir de un análisis más específico que considera la situación hidrogeológica local del acuífero y que se detallará en la sección siguiente.

Tabla N°3. Balance Hídrico de Cuencas

Nombre Cuenca	Caudales Medios Anuales (l/s)				
	$Q_{FLUV}$	Q Extracciones Canal Lauca	$E_{SD}$	$E_{SB}$	$E_r$
Río Lauca en Japu	2929	761	3690	963	4653
Río Lauca en Misitune	302	761	1063	290	1353

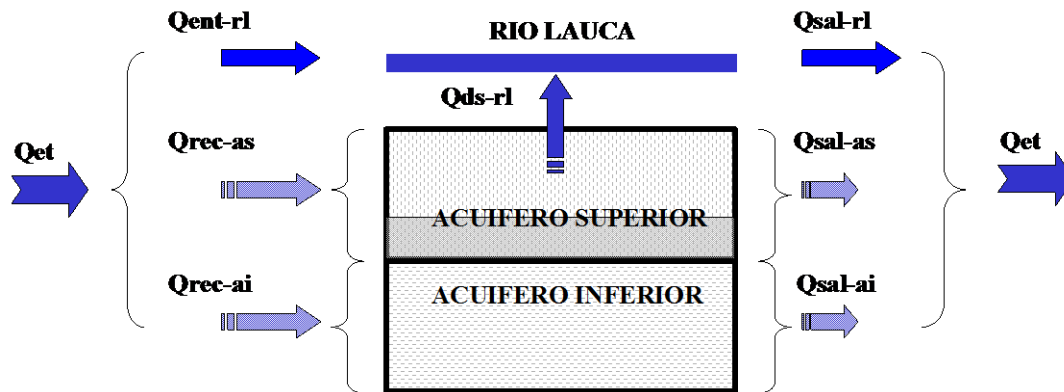
### 3. Balance Hídrico Sobre el Acuífero

El sector acuífero estudiado comprende las cuencas de los ríos Lauca y Viscachani, entre poco aguas arriba de la estación fluviométrica Río Lauca en Estancia el Laco por el Norte (cuenca río Lauca) y canal Lauca en las Rejas (cuenca río Viscachani) hasta poco aguas debajo de la confluencia del río Viscachani con el río Lauca, sector Misitune, todo lo cual cubre un área de aproximadamente 250 km<sup>2</sup>. En la figura N°1 se muestra, en rojo, los límites perimetrales de la zona señalada. Para todos los efectos el balance hídrico sobre este acuífero se limita exclusivamente a la zona prospectada, ya sea que haya sido efectuada mediante sondeos geofísicos o por medio de pozos. En la práctica y dada las características litológicas superficiales de la cuenca del Río Lauca, se debe reconocer que la extensión del acuífero continúa hacia el norte y hacia el sur, sin embargo, se desconoce sus características, distribución y geometría.

Tal como se indicó anteriormente, los límites establecidos coinciden aproximadamente por el norte con la ubicación estación de control fluviométrico "Río Lauca en Estación el Lago" de la DGA, y por el sur, con el cierre hidrológico de la subcuenca del "Río Lauca en Misitune". En este último punto ya se dispone del balance hídrico indicado en la sección anterior.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el acuífero que se pretende explotar ha sido ampliamente estudiado y discutido en los estudios bibliográficos y sus principales características se encuentran adecuadamente consensuadas, y que en resumen se pueden describir como la superposición de dos estratos o capas acuíferas funcionando hidráulicamente desconectadas. Un estrato superior de carácter general semiconfinado, espesor medio aproximado de 70 m, y funcionamiento hidráulico estrechamente ligado con el Río Lauca. Y un acuífero inferior, de carácter confinado, debido a que subyace al anterior, con un espesor medio aproximado a 170 m cuyo funcionamiento hidráulico se encuentra desconectado al Río Lauca. La información hidrogeológica que se ha levantado sobre este último acuífero ha permitido su modelación matemática (1,2,3,4,6), a partir de la cual se han determinados los flujos de entrada y salida del sistema confinado, no obstante, los flujos asociados al acuífero superficial y su relación con el Río Lauca, si bien son descritos funcionalmente, no se han evaluado en su magnitud a pesar de contar con la información pertinente, esto último debido principalmente a la clara desconexión e independencia con el acuífero confinado.

De acuerdo con lo indicado en el párrafo anterior, a continuación, se plantea el balance integral para el sistema hidrológico compuesto por ambos acuíferos y el río Lauca, en términos de caudales medios anuales y en conformidad con el siguiente esquema:



Con,

$$E_t = Q_{et} + Q \text{ Extracciones}$$

$$E_{SD} = Q_{FLUV} = Q_{sal-rl} + Q \text{ Extracciones}$$

$$E_{SB} = Q_{sal-as} + Q_{sal-ai}$$

En donde,

Código Caudal	Descripción Caudal
$Q_{ent-rl}$	Entrada Superficial Río Lauca
$Q_{rec-as}$	Recarga Acuífero superior
$Q_{rec-ai}$	Recarga Acuífero Inferior
$Q_{ds-rl}$	Descarga Acuífero superior hacia Río Lauca
$Q_{sal-as}$	Salida Subterránea Acuífero Superior
$Q_{sal-ai}$	Salida Subterránea Acuífero Inferior
$Q_{sal-rl}$	Salida Superficial Río Lauca
$Q_{et}$	Escorrentía Total de entrada y/o salida (subterránea + superficial)

Como se puede apreciar, este esquema no corresponde en estricto rigor al funcionamiento hidrogeológico del sistema, sino que más bien establece la relación de balance existente entre los flujos de entrada y salida en un punto, que corresponde al sector de Misitune, así como, establece también la relación con los parámetros del Balance Hídrico de la Subcuenca del Río Lauca hasta ese sector.

Para efectos de describir la determinación de la cuantía de cada una de estas variables, de las cuales algunas se deducen a partir de las otras, en adelante se adopta el orden necesario para su correcto desarrollo y entendimiento.

**Qent-rl      Caudal de Entrada Superficial Río Lauca**

Corresponde al caudal medio anual observado sobre la estación “Río Lauca en Estancia el Lago”, y que alcanza un caudal medio anual de 167 l/s (9). Su ubicación aproximada de 3.5 km aguas abajo de la captación del Canal Lauca, determina que su caudal se componga de los excedentes superficiales que sobrepasan la captación durante situaciones de crecidas estivales y de las recuperaciones del Río Lauca entre la Bocatoma del canal y esta estación de control. En este sentido, y sin considerar los meses de enero , febrero y Marzo, afectados por la estación húmeda, el caudal de esta estación se compone mayoritariamente de las recuperaciones del río, por cuanto la capacidad de la bocatoma del canal, así como, la regulación de los recursos superficiales en el embalse de la Laguna Cotacotanis, permiten que normalmente se capte la totalidad del caudal del río. Ver figura N° 3

**Qrec-ai      Caudal Subterráneo de Recarga Acuífero Inferior**

Este flujo subterráneo ha sido determinado a partir de la calibración del Modelo de Simulación Hidrogeológico de este acuífero (3), y se compone de los flujos de entrada al acuífero desde el sector norte con 90 l/s, más la recarga de las cuencas intermedias definidas en el área aportante de las subcuencas localizadas al oeste y este de los límites del modelo, el cual asciende a 190 l/s. Todo lo cual totaliza 280 l/s.

**Qrec-as      Caudal subterráneo de Recarga Acuífero Superior**

Este flujo se compone, al igual que Qrec-ai, de los flujos de entrada al acuífero desde el sector norte, más la recarga de la cuenca intermedia definida por el área aportante de las subcuencas localizadas al oeste y este de los límites del modelo. La principal razón para esto, se encuentra en la similitud geoquímica e isotópica entre las aguas de ambos acuíferos, situación que sólo es posible si ambos comparten la misma área de recarga. Su cuantía se desprende indirectamente de las siguientes igualdades:

$$\begin{aligned} E_t &= Q_{et} + Q \text{ Extracciones,} \\ Q_{et} &= Q_{ent-rl} + Q_{rec-ai} + Q_{rec-as} \end{aligned}$$

Luego,

$$\begin{aligned} Q_{rec-as} &= E_t - Q \text{ extracciones} - Q_{rec-ai} - Q_{ent-rl} \\ Q_{rec-as} &= 1353 - 761 - 280 - 167 \\ Q_{rec-as} &= 145 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Qsal-ai      Caudal subterráneo de Salida Acuífero Inferior

Este flujo subterráneo ha sido determinado a partir de la calibración del Modelo de Simulación Hidrogeológico de este acuífero (3). Dado que este acuífero no tiene conexión hidráulica con el acuífero superior su cuantía corresponde a la misma que los flujos de recarga, es decir:

$$Q_{sal-ai} = 280 \text{ l/s}$$

Qsal-as      Caudal Subterráneo de Salida Acuífero Superior

Esta corresponde a la única variable que ha debido ser estimada para la presente evaluación, para ello se ha considerado lo siguiente:

- De acuerdo con el Estudio de Aguas Subterráneas de ESSAT, 1996. Los 4 pozos PECH de Minera Vilacollo que se emplazan en esa zona, y que se encuentran habilitados en ambos acuíferos, poseen una transmisibilidad media de 45 m<sup>2</sup>/día, con un rango entre 20 y 70 m<sup>2</sup>/día.
- El porcentaje de habilitación correspondiente al acuífero superior sobre la habilitación total de cada pozo es de aproximadamente un 30%.
- De acuerdo con los puntos anteriores, la transmisibilidad media asociada al acuífero superior puede ser estimada en 14 m<sup>2</sup>/día, en un rango entre 6 y 21 m<sup>2</sup>/día.
- El ancho definido para una sección de salida del acuífero, paralela a la divisoria de la subcuenca y perpendicular al río Lauca en ese sector, alcanza los 12 km aproximadamente.
- El gradiente de flujo en el acuífero superior es aproximadamente el mismo que posee el Río Lauca en ese sector.

Conforme a estas aproximaciones y a la ecuación Darcy expresada como  $Q = T \cdot i \cdot L$ , en donde:

Q= Caudal subterráneo  
T= Transmisibilidad  
i = Gradiente Hidráulico  
L = Largo de la sección

El caudal subterráneo medio de salida es de aproximadamente 8 l/s, en un rango entre 3 y 12 l/s. Si bien estos valores resultan ser muy pequeños en comparación con los flujos de salida del acuífero inferior, son razonables desde el punto de vista del funcionamiento general del acuífero, por cuanto es justamente esta baja

capacidad de conducción hidráulica la que posibilita su rápida descarga hacia el Río Lauca, ya sea dentro del propio cauce o mediante afloramientos de orillas.

De acuerdo con lo anterior y para efectos del balance se asume razonable adoptar para este flujo  $Q_{sal-as} = 10$  l/s.

$Q_{ds-rl}$  Caudal de Descarga Acuífero Superior hacia Río Lauca.

Tal como se indica en su descripción, este caudal corresponde a la descarga total neta sobre el Río Lauca desde el acuífero superior dentro del tramo entre la estación de control fluviométrica “Río Lauca en Estación el Lago” y la salida de la subcuenca en el sector de Misitune. Su cuantía se determina según la siguiente ecuación:

$$Q_{ds-rl} = Q_{rec-as} - Q_{sal-as}$$

$$Q_{ds-rl} = 145 - 10$$

$$Q_{ds-rl} = 135 \text{ l/s}$$

$Q_{sal-rl}$  Caudal Superficial de Salida del Río Lauca

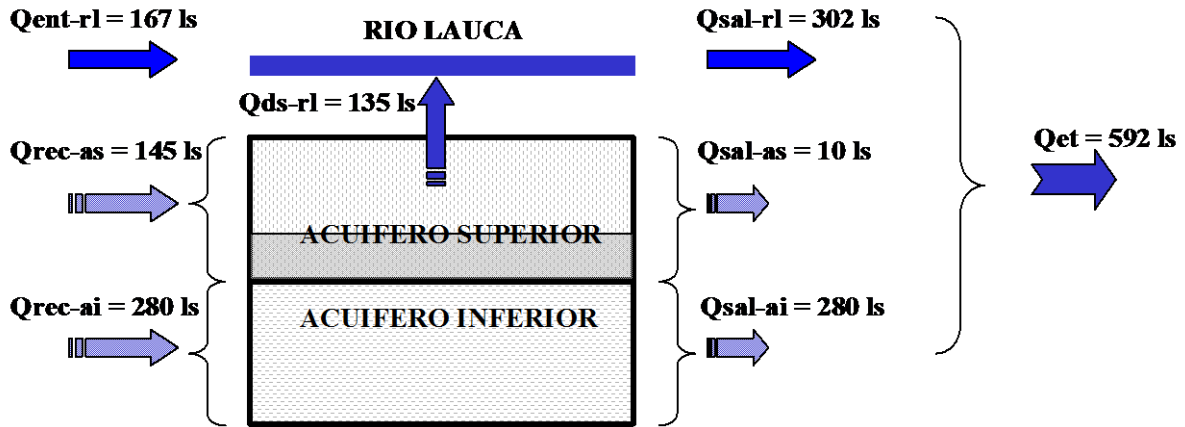
Corresponde al caudal superficial medio anual de salida de la subcuenca del Río Lauca hasta el sector de Misitune. En términos simple, sería el caudal medio anual que se observaría en una estación de control fluviométrica si ésta estuviese instalada en el cauce del Río Lauca en el sector de Misitune. Su cuantía esta definida por:

$$Q_{sal-rl} = Q_{ent-rl} + Q_{ds-rl}$$

$$Q_{sal-rl} = 167 + 135$$

$$Q_{sal-rl} = 302 \text{ l/s}$$

Conforme a estos resultados, el balance hídrico integral del sistema queda definido según el siguiente esquema resumen:



Con,

$$E_t = 1353 \text{ l/s}$$

$$E_{SD} = 1063 \text{ l/s}$$

$$E_{SB} = 290 \text{ l/s}$$

Por otro lado, desde el punto de vista de la disponibilidad es de interés conocer también el volumen de agua almacenada en el acuífero, o en otras palabras, aquel volumen de agua que permanece relativamente constante en términos del balance hídrico. Estos recursos adquieren mayor importancia cuando la magnitud de la escorrentía renovable es comparativamente pequeña frente al volumen de agua almacenada, y porque no es posible extraer recursos renovables sin producir en alguna medida el vaciamiento de parte de estos recursos almacenados.

Para evaluar el recurso de agua almacenado dentro del acuífero inferior o confinado consideraremos la porosidad efectiva o coeficiente de almacenamiento de largo plazo. Considerando las características principalmente volcánicas de los materiales del acuífero, dicho parámetro no sería inferior a un 3% (4) y podría alcanzar razonablemente un 6%. En el cuadro siguiente se señalan los recursos de agua almacenados en el acuífero, según estos parámetros y la geometría asumida para el modelo de simulación, esto es: área = 250 km<sup>2</sup> ; espesor medio= 170 m.

Volumen geométrico (Mm <sup>3</sup> )	Porosidad efectiva (%)	Volumen de agua almacenada (Mm <sup>3</sup> )
42500	3	1275
42500	6	2550

Sobre la base de lo anterior se puede señalar lo siguiente:

- Los caudales de recarga del sistema alcanzan un total de 425 l/s.

- El volumen saturado almacenado como agua subterránea alcanza un valor estimado de 1275 Mm<sup>3</sup> para una porosidad efectiva de 3%, y de 2550 Mm<sup>3</sup> para una de 6%.
- En términos de escorrentía total media anual en régimen natural, el flujo en la zona de estudio (Lauca en Misitune) alcanza a un 29 % de la escorrentía a nivel de la cuenca (Lauca en Japu o frontera).
- El acuífero superior presenta para el área de estudio (Lauca en Misitune), una interacción significativa con el flujo superficial en términos de aportar un 44 % al escurrimiento superficial de salida.

#### **4. Situación Administrativa de los Derechos de Agua**

En la cuenca del Lauca existen derechos de agua superficial constituidos y regularizados, de los cuales se presenta un resumen en el Cuadro N°1 de anexo. Además existen derechos de agua subterránea constituidos y en trámite, los que se resumen en el Cuadro N° 2 de anexo. La ubicación geográfica de ambos grupos se indican en las Figuras 1 y 2 de anexo.

Respecto de dicha información resumida, se puede indicar que el total de derechos superficiales regularizados alcanza los 2,674.3 l/s, los cuales pertenecen a las comunidades indígenas de la zona, por su parte, los derechos superficiales constituidos alcanzan los 1,133.0 l/s y pertenecen íntegramente a los usuarios del Canal Azapa. Respecto a los derechos de agua subterránea, un total de 76 l/s se encuentran constituidos a la Sociedad Minera Contractual Vilacollo y 342 l/s se encuentran pendientes en su tramitación. Estos últimos corresponden a los 7 puntos de captación o pozos pertenecientes a la DOH del MOP.

Cabe señalar que la totalidad de los derechos superficiales regularizados representan en su conjunto la situación de consumo de la vegetación natural de la cuenca (vegas y bofedales) y por tanto se encuentran implícitamente considerados en el balance hídrico efectuado en la cuenca. En este sentido, sólo los 1,133 l/s pertenecientes a los usuarios del Canal Azapa y desviados mediante el Canal Lauca corresponden a extracciones propiamente tal, no obstante, la disponibilidad observadas en la cuenca alta, así como, las extracciones históricas de este recurso no sobrepasa en promedio los 761 l/s, valor utilizado en el balance.

Salvo los usos indicados anteriormente, no existe otro tipo de consumo de recursos superficiales que sea significativo en la cuenca del Río Lauca, ya sea asociada a cultivos, agua potable y bebida animales.

Respecto de los recursos de agua subterránea, existe un total de 76 l/s constituidos a favor de la Sociedad Minera Contractual Vilacollo, los que se sitúan



en el área de Misitune. No se dispone de registro de extracciones, sin embargo, se estima que su uso ha sido alternado en el tiempo y su efecto no significativo sobre el balance.

Por su parte, los derechos de agua subterránea que se encuentran pendientes (pozos de la DOH-MOP) totalizan 342 l/s. Al igual que en el caso anterior, el uso efectivo de este recurso no ha tenido efecto significativo sobre el balance. Sólo se conoce el funcionamiento del pozo N°4 durante el período de un año.

Cabe señalar que la situación pendiente de los pozos DOH-MOP, se refieren estrictamente a la evaluación de disponibilidad a nivel de acuífero, por cuanto la disponibilidad a nivel de captación, así como, las implicancias ambientales de éstas ya han sido resueltas.

#### BIBLIOGRAFÍA:

1. "Estudio de Aguas Subterráneas, Sector Río Lauca, Arica, I Región", Etapa I. Ayala Cabrera y Asociados Ltda. Para ESSAT S.A. Marzo 1996.
2. "Estudio de Aguas Subterráneas, Sector Río Lauca, Arica, I Región", Etapa II. Ayala Cabrera y Asociados Ltda. Para ESSAT S.A. Julio 1996.
3. "Estudio de Aguas Subterráneas, Sector Río Lauca, Arica, I Región", Etapa III. Ayala Cabrera y Asociados Ltda. Para ESSAT S.A. Septiembre 1996.
4. "Estudio de Aguas Subterráneas, Sector Río Lauca, Arica, I Región", Etapa IV. Ayala Cabrera y Asociados Ltda. Para ESSAT S.A. Diciembre 1996.
5. "Consultoría Análisis Ambiental del Proyecto de Explotación de Pozos en Parque Nacional Lauca, I Región". Resumen Ejecutivo. AMBAR para Dirección de Riego-MOP. Diciembre 1996.
6. "Modelo de Simulación Hidrológico Operacional Cuenca del Río San José". Luis Arrau del Canto y AC Ing. Consultores Ltda.. Para Depto Estudios DGA-MOP. SIT N° 41. Diciembre de 1997.
7. "Análisis Hidrogeológico de la Explotación del Acuífero y Efecto en los Bofedales del Altiplano Chileno". AMBAR S.A. Febrero 2000.
8. "Actualización Recursos Hídricos para Restablecimiento de Derechos Ancestrales Indígenas I y II Regiones". AC Asoc. Ltda.. para DGA-MOP. SIT N° 73. Septiembre 2001.
9. Banco Nacional de Aguas . BNA. DGA-MOP. 2004
10. Catastro Público de Aguas . CPA. DGA-MOP.2004

CUADRO N° 1

CATASTRO Y SITUACION ADMINISTRATIVA DERECHOS DE AGUA SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RIO LAUCA

SITUACION	USUARIO	EXPEDIENTE	TIPO DERECHO	EJERCICIO DERECHO	CAUDAL	FUENTE	PROVINCIA	COMUNA	CAPTACION		INSCRIPCION	
									COORD. E	COORD. N	FJS	No
Constituido	Usuarios del Canal de Azapa	M-I-118	Consuntivo	Permanente y Continuo	1,133.0	Río Lauca	Parinacota	Putre	(18° 13')	(69° 19')		
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	9.5	Vertiente Altarane 1	Parinacota	Putre	468900	7978750	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	2.0	Vertiente Altarane 2	Parinacota	Putre	468850	7978900	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	0.7	Vertiente Altarane 3	Parinacota	Putre	468850	7979050	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	0.1	Vertiente Altarane 4	Parinacota	Putre	468900	7979200	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	0.7	Vertiente Altarane 5	Parinacota	Putre	469100	7979350	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.5	Vertiente Altarane 6	Parinacota	Putre	469200	7979450	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	2.2	Vertiente Altarane 7	Parinacota	Putre	469350	7979650	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	4.2	Vertiente Altarane 8	Parinacota	Putre	469550	7979800	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	7.5	Vertiente Altarane 9	Parinacota	Putre	469800	7979900	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	4.8	Vertiente Altarane 10	Parinacota	Putre	469950	7979900	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	15.8	Vertiente Ancochaulane 1	Parinacota	Putre	461400	7977100	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.0	Vertiente Ancochaulane 2	Parinacota	Putre	461700	7977350	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.2	Vertiente Ancovinto	Parinacota	Putre	469720	7988490	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.0	Vertiente Cabecra Sinijavira	Parinacota	Putre	469470	7987930	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.0	Vertiente Codo de Viluyo	Parinacota	Putre	470500	7986760	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.0	Vertiente Condore 1	Parinacota	Putre	474830	7980000	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	5.0	Vertiente Condore 2	Parinacota	Putre	475250	7980030	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	100.0	Vertiente Copapujo	Parinacota	Putre	467670	7991740	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	15.6	Vertiente Chacarpojo	Parinacota	Putre	469150	7990850	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	80.3	Vertiente Chincacahua Marcapa	Parinacota	Putre	470070	7987230	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	5.0	Vertiente Chungarilla 1	Parinacota	Putre	466700	7986620	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.1	Vertiente Chungarilla 2	Parinacota	Putre	467130	7986570	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	7.0	Vertiente Chuvire Chico	Parinacota	Putre	465530	7992440	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	33.0	Vertiente Chuvire Grande	Parinacota	Putre	466130	7991430	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	11.6	Vertiente Florentina	Parinacota	Putre	467720	7989500	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	15.9	Vertiente Guacuyo Alto	Parinacota	Putre	469880	7986470	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.9	Vertiente Guacuyo Bajo	Parinacota	Putre	469530	7986560	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	5.7	Vertiente Jalsure	Parinacota	Putre	473200	7989690	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	7.2	Vertiente Japucucho	Parinacota	Putre	470850	7984630	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	4.0	Vertiente Japucucho 1	Parinacota	Putre	471890	7984900	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	8.3	Vertiente Japucucho 2	Parinacota	Putre	471420	7984910	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	9.5	Vertiente Japucucho 4	Parinacota	Putre	470370	7984840	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	5.8	Vertiente Japucucho 5	Parinacota	Putre	470380	7985580	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	4.5	Vertiente Negro Jiguata 1	Parinacota	Putre	469550	7977450	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.0	Vertiente Negro Jiguata 2	Parinacota	Putre	469700	7977420	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	12.8	Vertiente Pacroco 1	Parinacota	Putre	471150	7986920	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	0.9	Vertiente Pacroco 2	Parinacota	Putre	470930	7986830	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.6	Vertiente Pacuncucho 1	Parinacota	Putre	473270	7988510	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	2.0	Vertiente Pacuncucho 2	Parinacota	Putre	473570	7988420	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	7.0	Vertiente Pampa	Parinacota	Putre	472850	7988500	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	4.8	Vertiente Pajajoco	Parinacota	Putre	472800	7988400	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	2.3	Vertiente Pucaravinto	Parinacota	Putre	469940	7988260	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	0.8	Vertiente Tancara	Parinacota	Putre	470050	7988900	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	5.4	Vertiente Tolacollo	Parinacota	Putre	470680	7988250	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.4	Vertiente Tuldene 1	Parinacota	Putre	471660	7987210	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.1	Vertiente Tuldene 2	Parinacota	Putre	471800	7986960	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.0	Vertiente Tuldene 3	Parinacota	Putre	471500	7987010	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.5	Vertiente Tuncapujune 1	Parinacota	Putre	470330	7988890	55	40

CUADRO N° 1 CATASTRO Y SITUACION ADMINISTRATIVA DERECHOS DE AGUA SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RIO LAUCA (CONTINUACIÓN)

SITUACION	USUARIO	EXPEDIENTE	TIPO DERECHO	EJERCICIO DERECHO	CAUDAL	FUENTE	PROVINCIA	COMUNA	CAPTACION		INSCRIPCIO	
									COORD. E	COORD. N	FJS	No
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.3	Vertiente Tuncapujune 2	Parinacota	Putre	470700	7988850	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	3.0	Vertiente Umantia	Parinacota	Putre	468720	7986860	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	16.0	Vertiente Ungallire 1	Parinacota	Putre	472100	7989190	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	13.0	Vertiente Ungallire 2	Parinacota	Putre	471270	7990190	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	6.0	Vertiente Untupujo Chico	Parinacota	Putre	468065	7986760	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Parinacota y Chucuyo	NR-I-2-269	Consuntivo	Permanente y Continuo	10.0	Vertiente Untupujo Grande	Parinacota	Putre	468340	7986980	55	40
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	323.0	Río Guallatire	Parinacota	Putre	482400	7950443	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	151.0	Río Juchos Juaguira	Parinacota	Putre	482500	7950438	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	4.5	Vertiente Aguas Calientes	Parinacota	Putre	462239	7971780	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	12.9	Vertiente Amparmaya	Parinacota	Putre	478695	7960165	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	26.3	Vertiente Antacollo Chico	Parinacota	Putre	481760	7955728	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	40.0	Vertiente Antacollo Grande	Parinacota	Putre	480195	7957138	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	26.2	Vertiente Botijane	Parinacota	Putre	493988	7951174	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	23.4	Vertiente Japo	Parinacota	Putre	493368	7951174	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	6.5	Vertiente Misitune	Parinacota	Putre	462239	7968500	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	6.5	Vertiente Pacochuta	Parinacota	Putre	480755	7957321	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	102.0	Vertiente Paquiza	Parinacota	Putre	484551	7932838	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	27.2	Vertiente Sora Sorane	Parinacota	Putre	484551	7953838	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	14.1	Vertiente Taipuma	Parinacota	Putre	493083	7951875	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	90.0	Vertiente Ungallire	Parinacota	Putre	489368	7949089	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Guallatire	NR-I-2-287	Consuntivo	Permanente y Continuo	42.0	Vertiente Culco	Parinacota	Putre	493078	7951874	202	142
Regularizado	Comunidad Indígena de Ticnamar	NR-I-2-304	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.0	Vertiente Cardunire	Parinacota	Putre	465154	7943561	149	95
Regularizado	Comunidad Indígena de Ticnamar	NR-I-2-304	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.1	Vertiente Catanave	Parinacota	Putre	461131	7949270	149	95
Enviado al Juez	AMELIA VILCA VILCA	NR-I-2-472	Consuntivo	Permanente y Continuo	40.7		Parinacota	Putre	495162	7951703		
Enviado al Juez	RAIMUNDO JIMENEZ	NR-I-2-473	Consuntivo	Permanente y Continuo	862.0		Parinacota	Putre	484763	7959568		
Enviado al Juez	RAIMUNDO JIMENEZ	NR-I-2-474	Consuntivo	Permanente y Continuo	20.6		Parinacota	Putre	476072	7971393		
Enviado al Juez	JOAQUIN HUANCA	NR-I-2-475	Consuntivo	Permanente y Continuo	63.4		Parinacota	Putre	481584	7969856		
Enviado al Juez	MARCIAL MAMANI MAMANI	NR-I-2-476	Consuntivo	Permanente y Continuo	65.9		Parinacota	Putre	479450	7971744		
Enviado al Juez	ANSELMO SANCHEZ MOLLO	NR-I-2-477	Consuntivo	Permanente y Continuo	9.6		Parinacota	Putre	489657	7949743		
Enviado al Juez	ASOC. DE REGANTES PROPIETARIOS DE MURMUR	NR-I-2-478	Consuntivo	Permanente y Continuo	72.3		Parinacota	Putre	450769	7976685		
Enviado al Juez	WENCESLAO LAZARO SANCHEZ	NR-I-2-479	Consuntivo	Permanente y Continuo	6.3		Parinacota	Putre	483988	7952159		
Enviado al Juez	PATRICIA AUREA CARRASCO FLORES	NR-I-2-484	Consuntivo	Permanente y Continuo	1.7	Río Vizcachani	Parinacota	Putre	450769	7976685		
Enviado al Juez	EDALIA LAZARO	NR-I-2-485	Consuntivo	Permanente y Continuo	26.7		Parinacota	Putre	490287	7953901		
Enviado al Juez	JOSE MARTIN MAMANI ALVAREZ	NR-I-2-490	Consuntivo	Permanente y Continuo	60.0		Parinacota	Putre	493389	7946971		
Enviado al Juez	VICENTE GUILLERMO HUANCA	NR-I-2-491	Consuntivo	Permanente y Continuo	21.0		Parinacota	Putre	468164	7986009		
Enviado al Juez	ANGELA MAMANI MAMANI	NR-I-2-492	Consuntivo	Permanente y Continuo	19.3		Parinacota	Putre	487760	7943646		
Enviado al Juez	EVARISTO HUANCA HUANCA	NR-I-2-558	Consuntivo	Permanente y Continuo	20.6	Río Lauca	Parinacota	Putre	476072	7971393		

CUADRO N° 2 CATASTRO Y SITUACION ADMINISTRATIVA DERECHOS DE AGUA SUBTERRANEOS EN LA CUENCA DEL RIO LAUCA

SITUACION	USUARIO	EXPEDIENTE	TIPO DERECHO	EJERCICIO DERECHO	CAUDAL	FUENTE	PROVINCIA	COMUNA	COORD. E	COORD. N
Constituido	Sociedad Minera Contractual Vilacollo	ND-0102-19	Consuntivo	Permanente y Continuo	8	Parque Lauca	Parinacota	Putre	463001	7969045
Constituido	Sociedad Minera Contractual Vilacollo	ND-0102-15	Consuntivo	Permanente y Continuo	40	Parque Lauca	Parinacota	Putre	462295	7969193
Constituido	Sociedad Minera Contractual Vilacollo	ND-0102-19	Consuntivo	Permanente y Continuo	20	Parque Lauca	Parinacota	Putre	462456	7969357
Constituido	Sociedad Minera Contractual Vilacollo	ND-0102-19	Consuntivo	Permanente y Continuo	8	Misitune pech 2	Parinacota	Putre	462606	7969376
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	45	Parque Lauca Pozo 4	Parinacota	Putre	456829	7972134
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	43	Parque Lauca Pozo 5	Parinacota	Putre	462519	7972251
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	45	Parque Lauca Pozo 6	Parinacota	Putre	464204	7980171
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	60	Parque Lauca Pozo 7	Parinacota	Putre	463674	7975081
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	75	Parque Lauca Pozo 8	Parinacota	Putre	464106	7979850
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	65	Parque Lauca Pozo 9	Parinacota	Putre	462812	7972635
Pendiente	Empresa de Servicios Sanitarios de Tarapacá S.A.	ND-01-02-152	Consuntivo	Permanente y Continuo	9	Parque Lauca Pozo 10	Parinacota	Putre	463611	7974738

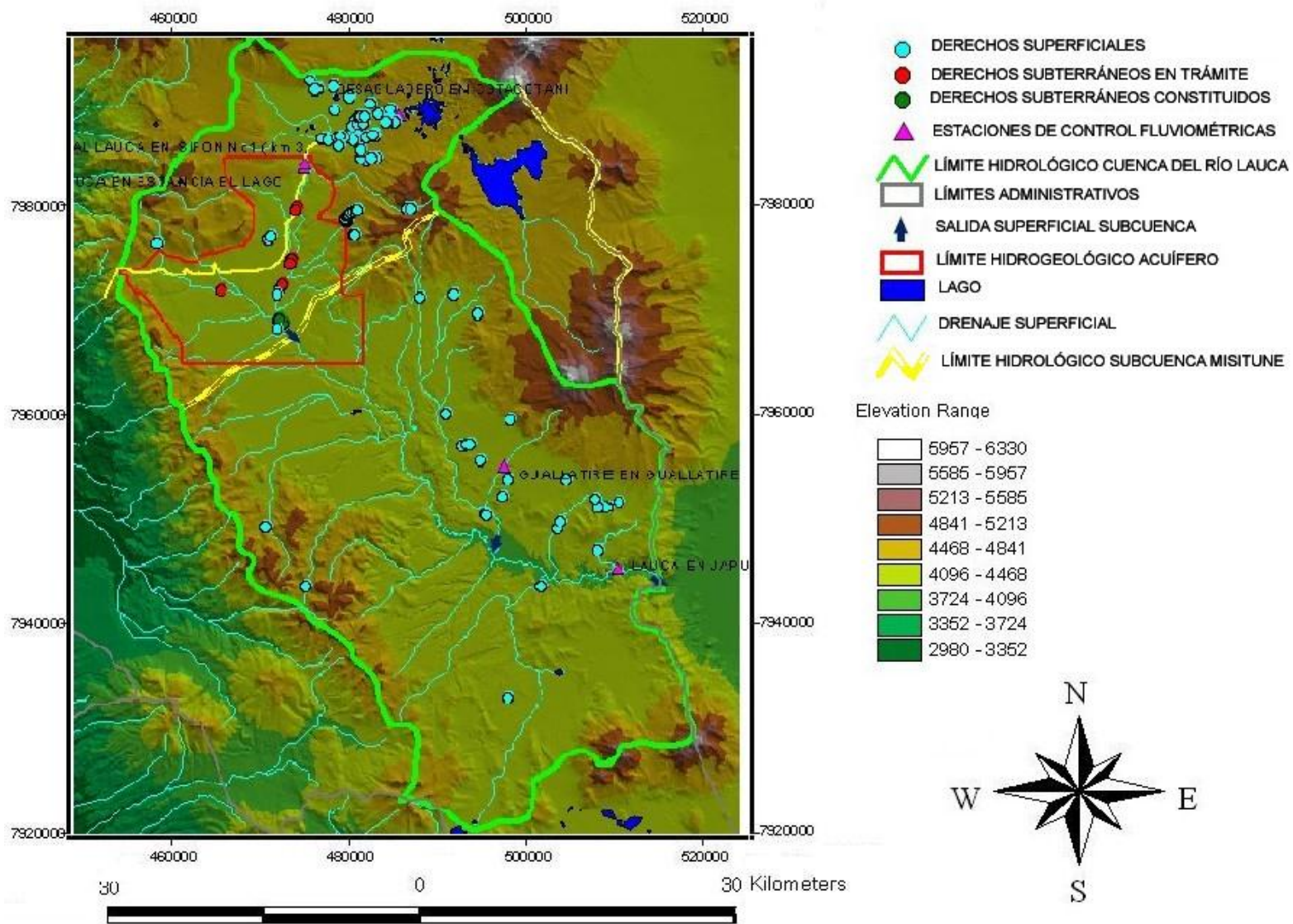


FIGURA N° 1

SITUACION GENERAL CUENCA DEL RIO LAUCA

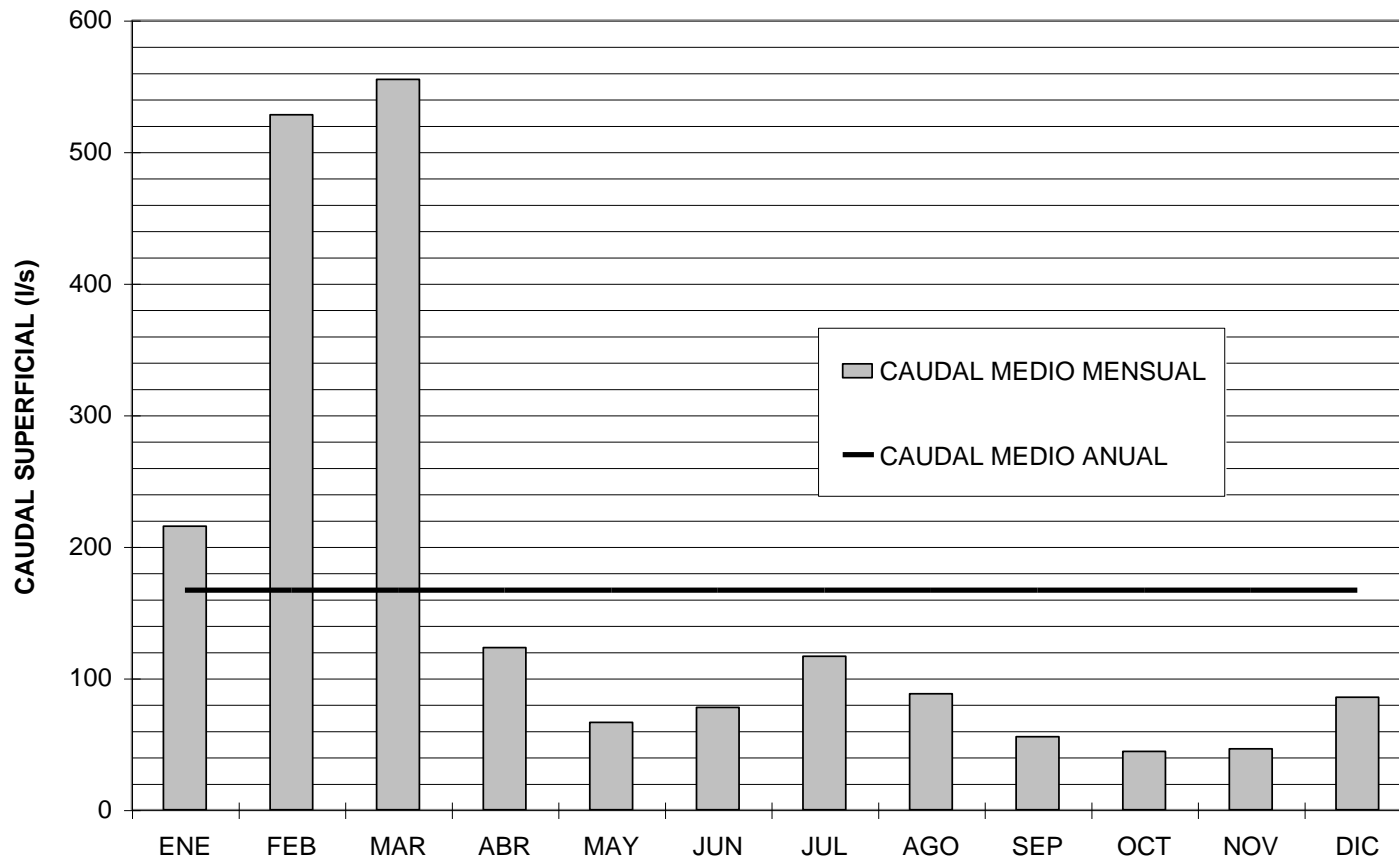


FIGURA N° 2

Distribución de Caudales Medios Mensuales en Estación de Control Río Lauca en Estancia el Lago Período 1963-1965 / 1985-2004.

### **6.3 ANEXO N°3:**

## **ANALISIS AGROECONÓMICOS**

## ANEXO 3-A

### ESTUDIO AGROECONÓMICO VALLE DE AZAPA (ALTERNATIVA NUEVAS HECTAREAS DE CULTIVO)

#### 1. INTRODUCCIÓN

##### a) Generalidades

En el presente estudio se consideraron modificaciones a las metodologías tradicionalmente utilizada para los estudios agroeconómicos de los proyectos de factibilidad en riego, ello debido a las diferentes condiciones naturales y tecnológicas de la agricultura del valle de Azapa, que la diferencian de las agriculturas de la zona centro-norte y sur del país.

Debido al clima y a las condiciones del mercado, los cultivos se siembran en diferentes proporciones todos los meses y se comercializan durante todo el año, de tal modo que los productos obtienen precios muy diferentes según la época del año en que se venden. El agua disponible para riego siempre es mayor entre Enero y Agosto, lo que permite cultivar la mayor proporción de la tierra en ese período y cosechar en invierno, por ello, para el valle de Azapa, el mejor periodo es la época para la producción de hortalizas para “Embarque”, es decir, aquellas para ser enviadas a Santiago, pues es en ese periodo donde se obtienen los mejores precios.

Las superficies cultivadas y los rendimientos de cada año se consideran constantes, ya que el caudal de 232 l/s será dispuesto en la bocatoma del canal Azapa en forma permanente y continua, sin fluctuaciones hidrológicas mayores, y para uso exclusivo de las nuevas hectáreas de cultivo.

##### b) Características Agroclimáticas.

Las condiciones agroclimáticas representan la principal fortaleza de la agricultura del valle de Azapa, en la área del estudio se encuentra la zona agroclimática denominada “Agroclima Arica” la que abarca el tramo occidental del valle de Lluta y la totalidad del valle de Azapa, el cual permite una amplia gama de cultivos hortícola y de frutales, especialmente sub tropicales, sólo quedan excluidos los frutales con alto requerimiento de frío invernal, sin embargo, la salinidad de los suelos y del agua ha impedido hasta hoy la plantación de dichos frutales en el valle. Es así como las características del agroclima Arica, permite el cultivo durante todo el año de hortalizas típicas de primavera verano.



## 2. VALLE DE AZAPA

### a) Área del proyecto

En la actualidad, todo el sector agropecuario tiene utilizado completamente sus suelos, por ello el presente estudio contempla la habilitación de nuevas tierras de cultivo, ubicadas hacia la laderas de los cerros del valle, conformando así nuevas terrazas de riego en altura.

De acuerdo con las especificaciones del proyecto de riego, se dispone de 232 l/s adicionales del recurso dispuesto en la bocatoma del canal Azapa, el que una vez derivado al canal, por concepto de eficiencias de conducción y pérdidas de carga, es afectado por una pérdida en torno del 10%, quedando así un caudal útil máximo de 209 l/s, y con ello el riego máximo de 467 nuevas hectáreas.

### b) Uso futuro del suelo.

Actualmente las especies de mayor extensión espacial son el olivo y el tomate. La superficie con cultivos hortícolas es variable de año en año, la que se va ajustando a las características hidrológicas del período anual.

Los agricultores aprovechan muy bien las ventajas comparativas de Azapa. Sus condiciones climáticas permiten cultivos en contra estación con la zona central del país. Los factores que limitan su desarrollo son la escasa disponibilidad de agua, la baja seguridad de riego, las variables condiciones del mercado interno y la competencia externa (Perú). Para los productos frutícolas, existe además otro factor adicional, la presencia de la mosca de la fruta.

La agricultura de Azapa es la más moderna y tecnificada del país, todo el riego se realiza con sistemas modernos de goteo, con “cintas de riego” y se aplican sólo fertilizantes solubles, mediante fertirrigación. Sin embargo, por ser más rentables los cultivos hortícolas que el de los olivos, la mayoría de los productores está prefiriendo, cada año, cultivar el máximo de superficie con hortalizas que permita la disponibilidad de agua. Con ello maximizan los ingresos por cada m<sup>3</sup> de agua de riego utilizado.

Para el presente proyecto se procedió sobre la base de los periodo de desarrollo de los cultivos más desarrollados y más rentables y considerando abarcar diferentes períodos de cosecha con el objetivo de abarcar en lo posible un uso continuo de los 209 l/s que asegura el proyecto, así los cultivos elegidos para las nuevas hectáreas corresponden a tomate, lechuga y maíz híbrido Jubilee.

**Tabla N°-1:**  
**Superficie Futura Total de incremento con proyecto en el Valle de Azapa**  
**Con 85% en seguridad de riego**

<b>Seguridad de Riego Con Proyecto</b>	<b>Superficie Incremento Proyecto (ha)</b>
85%	467

**Tabla N°-2:**

**Superficie Futura de incremento según cultivo con proyecto en el Valle de Azapa  
Con 85% en seguridad de riego**

<b>Tipo de Cultivo</b>	<b>Superficie Máxima cultivada por año (ha)</b>
Lechuga 2° cultivo 2	130
Lechuga 2° cultivo 3	105
Maíz Híbrido Jubilee 4	70
Tomate Embarque 1	95
Tomate Embarque 2	119
Tomate Embarque 3	162

**Obs:** La superficie por cultivo, corresponden a las hectáreas cultivadas durante un año para cada uno. Pudiendo utilizarse la misma hectárea en cultivos diferentes en el mismo año.

### **c) Rendimiento de Los cultivos**

Las principales especies cultivadas en Azapa, además del olivo y el tomate, son los porotos verdes, el zapallo italiano y maíz dulce, morrón, lechuga, etc.

Los rendimientos de los cultivos de Azapa son elevados por la excelente tecnología usada en los cultivos y por el riego eficiente implementado. Sin embargo, existen diferencias significativas entre los rendimientos de los “años normales” y el de los “años secos”.

Los rendimientos futuros de los cultivos en el área del proyecto, se incrementarán por efecto de la seguridad de riego asociada al caudal extraído del acuífero mediante los pozos del proyecto. Con este abastecimiento asegurados de un caudal de 209 l/s, se eliminarán los déficit extremos de los “años secos”, por lo que los rendimientos futuros corresponderán a los de un “año normal” actual, más un pequeño incremento por mejoramiento tecnológico.

En el Cuadro adjunto se muestran los rendimientos considerados para los futuros cultivos en las nuevas hectáreas asociadas al proyecto.

<b>Cultivo</b>	<b>CANTIDAD Kg/año</b>	<b>Rendimiento Kg/ha</b>
TOMATE EMBARQUE 1 (AGO)	10.687.500	112.500
TOMATE EMBARQUE 2 (SEP)	13.387.500	112.500
TOMATE EMBARQUE 3 (OCT)	18.225.000	112.500
Lechuga PRODUCCIÓN 2º CULT 2 (DIC)	16.900.000	130.000
Lechuga PRODUCCIÓN 2º CULT 3 (ENE)	13.650.000	130.000

#### d) Flujo de márgenes netos agrícolas de la situación futura.

Como consecuencia del presente proyecto, a diferencia de la mayoría de los casos, no se considera fluctuaciones anuales de los márgenes netos agrícolas durante los 30 años de evaluación, esto debido a que para el caso de riego de las hectáreas consideradas, el proyecto asegura la continuidad del recurso en un valor de 209 l/s.

El margen bruto total anual, depende del cultivo que se considere, a precio de mercado, en este caso es constante ya que como se explicó, no existe variabilidad entre año seco y año húmedo, así este valor corresponde a 262.896 UF, lo que traducido en pesos a Julio del año 2011, corresponden a 5.769,1 millones de pesos.

Los márgenes netos son obtenidos descontando un 10% de los márgenes brutos, por concepto de los costos indirectos atinentes al ejercicio agrícola (contribuciones, comunicaciones, transporte, etc). En la tabla adjunta se muestra el detalle por cultivo de los márgenes brutos y netos anuales.

Cultivo	Margen Bruto UF/año	Margen Neto UF/año
TOMATE EMBARQUE 1 (AGO)	26.682	24014
TOMATE EMBARQUE 2 (SEP)	50.043	45039
TOMATE EMBARQUE 3 (OCT)	95.974	86376
LECHUGA PRODUCCIÓN 2º CULT 2 (DIC)	45.997	41397
LECHUGA PRODUCCIÓN 2º CULT 3 (ENE)	37.151	33436
MAÍZ-PRODUCCIÓN HIBRIDO JUBILEE 4 (ENE)	7.049	6344
<b>Total anual :</b>	<b>UF: 262.896</b>	<b>236.607</b>
	<b>(UF Julio 2011) MM\$: \$ 5.769,1</b>	<b>\$ 5.192,2</b>

Consecuencia que no en todos los meses se consumirían los 209 l/s para el riego, se considera como uno de los criterios para el proyecto, un ahorro de costos por concepto del bombeo que realiza en la actualidad los productores de Olivo, lo que corresponde a un ahorro anual de 5.796 UF.

Como la superficie de la situación con proyecto o futura, implica habilitar una superficie de 467 hectáreas, se estimó que ello requería al menos un lapso de 3 años, tiempo en que se deben realizar la inversión para la habilitación de los nuevos suelos antropicos y las instalaciones de riego. Estas últimas corresponderían a riego presurizado y su costo de inversión asociado es de 25.750 UF

Se considera que en la actualidad, en el valle de Azapa, todo el sector agropecuario tiene utilizado completamente sus suelos, por lo que los nuevos suelos considerados para la expansión de las hectáreas de cultivo, se encuentran alejados del valle actual, hacia las laderas de los cerros, en altura sobre el nivel del valle, por ello se debe incurrir en un costo adicional para impulsar el caudal de riego a estos nuevos cultivos,

costo que no se considera en el caso de los cultivos en el valle. El costo de habilitación de la impulsión correspondería a 38.199 UF.

Se considera además que los nuevos suelos a habilitar, actualmente están en seco y su productividad económica/ha es "\$0" lo cual es fácil de obtener debido a las condiciones climáticas de la zona norte del país, por ello el valor del suelo es bajo y se puede asumir como "\$0", por ello en los flujos de caja no se considera como costo la adquisición de estos nuevos suelos, mientras que por concepto de habilitación se incurre en un gasto de 116.290 UF,

Por concepto de operación, mantención de suelos y el sistema de riego, además de otros temas relacionados, se incurre en un costo anual de 4292 UF.

Mientras que por mantención y operación del sistema de impulsión, se incurre en un gasto de 1.073 UF anuales. Mientras que el costo de energía asociado a la elevación de los caudales de riego a los predios es de 24.114 UF por año.

A continuación se adjunta tabla con los Flujos Agrícolas Privados Para Proyecto de Riego de nuevas Hectáreas Valle Río San José.

**Tabla N°3: Flujos Agrícolas Privados Para Proyecto de Riego de nuevas Hectáreas Valle Río San José**

	Beneficios								Beneficio Total anual Cultivos
	lechuga 2° cultivo 2 Margen Bruto	lechuga 2° cultivo 3 Margen Bruto	Maíz Híbrido Jubilee 4 Marg. Bruto	Tomate Embarque 1 Marg. Bruto	Tomate Embarque 2 Marg. Bruto	Tomate Embarque 3 Margen Bruto	Total Cultivos Margenes Netos (-10%)	Ahorro de Costos Bombeo Pozos	
<b>Superficie Márgen</b>	130 (ha) 129 ( UF/ha)	105 (ha) 129 ( UF/ha)	70 (ha) 12 ( UF/ha)	95 (ha) 281 ( UF/ha)	119 (ha) 421 ( UF/ha)	162 (ha) 592 ( UF/ha)		486 (l/s) 12 ( UF/l)	<b>UF</b>
<b>año 3</b>	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
4	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
5	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
6	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
7	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
8	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
9	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
10	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
11	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
12	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
13	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
14	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
15	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
16	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
17	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
18	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
19	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
20	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
21	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
22	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
23	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
24	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
25	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
26	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
27	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
28	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
29	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269
30	16.761	13.538	861	26.682	50.043	95.974	183.474	5.796	189.269

**Tabla N°3(Continuación): Flujos Agrícolas Privados Para Proyecto de Riego de nuevas Hectáreas Valle Río San José**

	Costos						Beneficio Neto Total	
	Riego Presurizado	Costos Operación y Mantenimiento	Habilitar Terrenos	Impulsión	Mantenimiento y Operación	Elevación caudal de riego predios sobre el Valle		Costo Total anual
<b>Superficie Márgen</b>	321 (ha) 80 ( UF/ha)	321 (ha) 13 ( UF/ha)	321 (ha) 362 ( UF/ha)	208,8 (l/s)	321 (ha) 03 ( UF/ha)	2.020 (l/s) 11,94 ( UF/l)	<b>UF</b>	<b>UF</b>
<b>año 3</b>	25.750	4.292	116.290	38.199	1.073	24.114	209.718	-26.244
4		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
5		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
6		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
7		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
8		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
9		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
10		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
11		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
12		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
13		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
14		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
15		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
16		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
17		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
18		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
19		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
20		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
21		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
22		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
23		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
24		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
25		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
26		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
27		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
28		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
29		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995
30		4.292			1.073	24.114	29.479	153.995

## ANEXO 3-B

### ANÁLISIS HIDROLÓGICO Y AGROECONÓMICO DEL VALLE DE AZAPA

#### 1. Generalidades

Las diferentes condiciones naturales y tecnológicas de la agricultura del valle de Azapa, la diferencian de las agriculturas de la zona centro-norte y sur del país. Por ello la metodología utilizada tradicionalmente para los estudios agroeconómicos de los proyectos de factibilidad en riego, debe ser modificada y adaptada. Debido al clima y a las condiciones del mercado, los cultivos se siembran en diferentes proporciones todos los meses y se comercializan durante todo el año, de tal modo que los productos obtienen precios muy diferentes según la época del año en que se venden. El agua disponible para riego siempre es mayor entre Enero y Agosto, lo que permite cultivar la mayor proporción de la tierra en ese período y cosechar en invierno. Para Azapa, es la época para la producción de hortalizas para “Embarque”, es decir, para ser enviadas a Santiago donde obtienen los mejores precios. Por las razones mencionadas, en el uso de la tierra se considera como cultivos diferentes a los que, siendo de la misma especie, tienen diferentes fechas de siembra y cosecha.

Las superficies cultivadas y los rendimientos de cada año son variables, ya que están en función de las variaciones en la disponibilidad de agua de riego. Ello también tiene alguna influencia en los precios de los productos. Por esta razón, en el estudio de INGENDESA<sup>3</sup> se determinó mediante una encuesta, la situación actual de la agricultura para años hidrológicos “normal” y “seco” teniendo como base el uso de la tierra, los rendimientos y los precios para los años agrícolas de esas características, como son 2002 y 1996, respectivamente. Los parámetros de los cultivos se obtuvieron en terreno durante la ejecución de una encuesta agropecuaria y se utilizaron para elaborar las fichas técnicas o Estándares de Producción Unitarios de cada cultivo para este proyecto.

#### 1.1 Características de la oferta y la demanda de agua

En el estudio INGENDESA se sostiene que la envolvente que incluye la totalidad del valle de Azapa abarca una superficie de 4.669 ha, de las cuales, la superficie agrícola representa el 84%, vale decir, 3.927 ha. Y que de esta superficie agrícola sólo 3.562 ha eran cultivables en el año 2002. La superficie restante correspondería a las superficies indirectamente productivas y a las con limitaciones para el cultivo. Cifras que son bastante coherentes si son comparadas con la evolución histórica de las superficies cultivables del valle indicadas en el siguiente cuadro y figura, confeccionado a partir de la digitalización de superficies cultivadas para imágenes satelitales de 1990, 2000 y 2011.

---

<sup>3</sup> Estudio de Factibilidad de Embalses para los Valles de Lluta y Azapa, DOH, MOP, 2003.

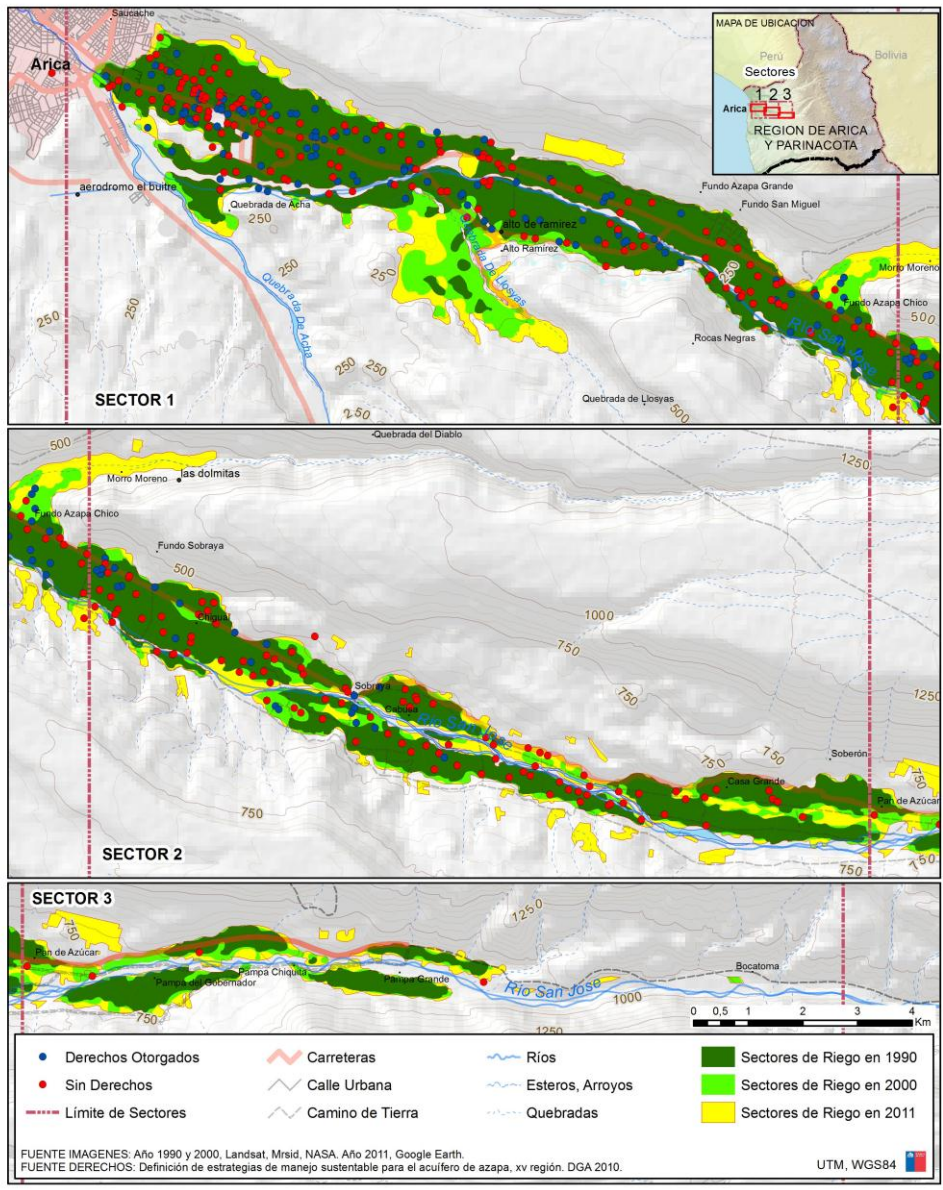
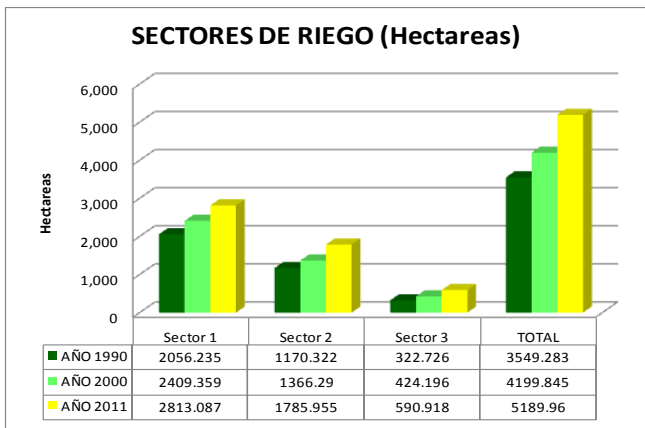


Figura: Evolución Histórica de la superficie potencialmente cultivable en el Valle de Azapa.



Se deduce también que la actual superficie potencial de cultivo ha superado en al menos 500 Há a la superficie total del valle, gracias a que la tecnificación agrícola ha permitido la utilización de las terrazas y laderas de los cerros laterales.

No obstante lo anterior, las superficies efectivamente cultivadas año a año siguen siendo variables y dependientes de la disponibilidad de agua de riego, principalmente superficial. En el estudio DGA 2010<sup>4</sup> la superficie de cultivo efectivamente regada alcanzó las 2867 Há, con un caudal superficial de 750 l/s (del canal Azapa y Vertientes) y 478 l/s de agua subterránea provenientes del acuífero del valle, es decir, una tasa media de riego de 0.43 l/s. Esta tasa resulta ser una buena referencia de la eficiencia de uso en este valle, repitiéndose en el estudio de la DOH, lo que la convierte en una excelente herramienta para transformar disponibilidad de agua en superficies de cultivo sustentable.

La disponibilidad de agua superficial se ha determinado a partir de la estadística fluviométrica de los últimos 30 años de datos de la estación Canal Azapa en Bocatoma, la que se ha integrado a la serie de caudales medios de vertientes recopilados y generados en el estudio DGA 2010, obteniéndose los siguientes resultados.

Número de orden	Año	Caudal Superficial Disponible	Probabilidad de no excedencia
		(/s)	
1	1979	1362	3%
2	1988	1035	6%
3	1985	1016	10%
4	1987	1006	13%
5	1989	980	16%
6	2003	973	19%
7	1980	966	23%
8	1986	959	26%
9	2001	939	29%
10	2004	869	32%
11	1981	801	35%
12	<b>2007</b>	<b>769</b>	<b>39%</b>
13	2005	767	42%
14	<b>2002</b>	<b>750</b>	<b>45%</b>
15	2006	742	48%
16	2000	734	52%
17	1991	718	55%
18	2008	714	58%
19	1999	692	61%
20	1982	670	65%
21	2009	652	68%
22	1990	626	71%
23	1997	621	74%
24	1994	575	77%
25	1993	523	81%
26	1998	520	84%
27	2010	506	87%
28	1992	438	90%
29	1995	413	94%
30	<b>1996</b>	<b>354</b>	<b>97%</b>
	PROMEDIO	756	

<sup>4</sup> Definición de Estrategias de Manejo Sustentable para el Acuífero de Azapa, XV Región, DGA, MOP, 2010.

En esta tabla los años 2002 y 2007, estudiados en ambas referencias, son años húmedos cercanos al 50% de probabilidad de no excedencia, con una disponibilidad cercana a los 750 l/s, que para todos los efectos puede considerarse como la disponibilidad media de largo plazo. Por su parte, para esta disponibilidad superficial, el estudio DGA 2010, ha estimado una explotación subterránea de 478 l/s, la que también puede ser asumida como explotación subterránea media asociada a la media superficial.

En síntesis, considerando la oferta total hídrica para el valle, es decir recursos superficiales y subterráneos, que alcanza del orden de 1500 l/s; de las cuales 450 l/s corresponden al abastecimiento de agua potable; la superficie de riego asociada a esta condición, que representa la condición de estabilidad de largo plazo, alcanza a un valor de 2442 Has. El aporte de 232 l/s de los pozos, permitiría sustentar una superficie adicional de 540 has; totalizando entonces una superficie de riego de aproximadamente 3000 has, que corresponde a la superficie promedio que los recursos, incluido el aporte del acuífero del Lauca, pueden sostener en el largo plazo.

Naturalmente como se habla en términos medios, puede haber fluctuaciones asociadas a la variabilidad hidrológica, en el sentido de que en años húmedos los mayores caudales superficiales pueden permitir el riego de terrenos ribereños entendiendo que estos excedentes no son parte de la recarga sino que escurren hacia el océano. En dichos años las vertientes pueden regar superficies mayores reduciendo el bombeo del acuífero para lograr el almacenamiento de este para los periodos secos, en los cuales la extracción puede superar el valor medio; pero en el entendido de que se mantienen los valores medios.

Una superficie de riego que supere las 3000 has, en forma sustentable, requerirá de mayores aportes de recursos al sistema.

## 1.2 Flujo de márgenes netos agrícolas.

Como se dijo anteriormente, los flujos netos agrícolas fueron actualizados del estudio INGENDESA, el que estima los beneficios netos según el cuadro siguiente:

UF de 01-01-2003 \$ 16,743.58	Estudio Ingendesa 2003		
	Situación 2003		PROMEDIO MODELACIÓN 30 años
	50%	85%	64%
Beneficios Netos (MM\$)	11804	3348	8490
MM\$/Ha	3.4	1.9	3.0

Cuya actualización al año presente se indica a continuación.

UF de 01-01-2003 \$ 21,852	Actualización 2011		PROMEDIO MODELACIÓN 30 años
	50%	85%	64%
Beneficios Netos (MM\$)	15405	4369	11081
MM\$/Ha	4.5	1.3	3.2

Como se puede observar, el año con probabilidad de no excedencia del 64% representa el año hidrológico, que en términos de beneficios netos, entrega el ingreso medio equivalente del valle de Azapa para una serie de 30 años de estadística hidrológica. Consecuentemente, este año representa conservadoramente la situación futura sin proyecto, es decir, la situación base. Por su parte, el año 50%, que en la tabla se asocia al beneficio neto esperado de un año húmedo, en la situación con proyecto, representará aproximadamente un año hidrológico 85%, dado que los 232 l/s que serán agregados en forma constante a la serie hidrológica aumentaran su probabilidad de no excedencia. De esta manera, se puede asumir conservadoramente que el beneficio asociado a este año representará el beneficio neto esperado para la situación con proyecto.

A partir de lo anterior, el beneficio neto esperado del proyecto por ha será de:

$$BNe = 4.5 - 3.2 = 1.3 \text{ (MM\$/Ha)}$$

Si la superficie beneficiada es la indicada como sustentable, entonces el beneficio neto del proyecto será de:

$$3000 * 1.3 = 3900 \text{ (MM\$/año)}$$

Otro beneficio directo, asociado al ahorro de bombear desde el acuífero los 232 l/s entregados vía canal, es estimado según el valor señalado en las otras evaluaciones:

$$CB \text{ (Costo Bombeo)} = 0.25 * 232 = 58 \text{ (MM\$/año)}$$

Las planillas y los resultados de la evaluación se entregan en el Anexo 4

## **6.4 ANEXO N° 4:**

### **DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS**

1. **PROYECTO AP0**  
HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA PARA APROVECHAMIENTO EN AGUA POTABLE.
  
2. **PROYECTO AP1**  
  
HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA Y MEJORAMIENTO CANAL LAUCA PARA APROVECHAMIENTO EN AGUA POTABLE
  
3. **PROYECTO RG**  
HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA Y MEJORAMIENTO CANALES LAUCA Y AZAPA PARA AUMENTO DE DISPONIBILIDAD DE RIEGO.

## **PROYECTO APO**

### **HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA PARA APROVECHAMIENTO EN AGUA POTABLE**

#### **I. DESCRIPCIÓN**

En este proyecto se plantea la captación del recurso subterráneo existente en la zona del Canal Lauca en base a 7 sondajes construidos por la Dirección de Obras Hidráulicas en el período de 1992-1993. El caudal captado por los 7 sondajes ascendería a 280 l/s.

El caudal extraído en cada pozo sería impulsado a una aducción recolectora, de un largo total de 12,6 km y 500 mm de diámetro que conduciría las aguas hacia una planta elevadora que se ubicaría en la cota 4.350 msnm. Esta planta permitiría a su vez impulsar, a través de una tubería de 1,2 km de longitud y 600 mm de diámetro, las aguas hacia un estanque de carga de 2.500 m<sup>3</sup>, denominado Cerro Tejene, ubicado en el cerro del mismo nombre, a la cota de 4.500 msnm. Se compondría de 3 equipos motobomba, permitiendo cada uno impulsar un caudal de 140 l/s, con una altura de elevación de 160 m, y una potencia eléctrica de 340KW. La planta operaría con dos motobombas funcionando simultáneamente, quedando por condiciones de seguridad uno de los equipos stand-by. Se considera también como parte de la planta elevadora un equipo hidroneumático para controlar el golpe de ariete que se podría ocasionar por una detención brusca del sistema.

A partir del estanque Cerro Tejene, nacería una aducción cuyo trazado pasaría a través del portezuelo Chapiquiña mediante una cañería enterrada de 13,25 km de longitud aproximadamente. Luego las aguas se conducirían en acueducto mediante una tubería de 4.250 m de longitud hasta la ladera poniente del cerro Chilcagua donde se emplazaría un segundo estanque de carga de 2.500 m<sup>3</sup> de capacidad. Posteriormente la aducción continuaría bajando por la quebrada Cardones, hasta llegar a la cuesta El Aguila desde donde debería ascender hasta la meseta ubicada al norte de la quebrada del Diablo, descendiendo posteriormente hacia el poniente para terminar en una planta de tratamiento convencional ubicada en el sector del km 14 del camino de Azapa. La longitud total del tramo que va desde el segundo estanque de carga hasta la planta de tratamiento es de 76,5 km. El alto desnivel que presenta esta parte del trazado haría necesario considerar en su recorrido 11 estanques reductores de presión.

A partir de la planta de tratamiento, se desarrollaría una aducción de 15 km de longitud, hasta llegar al estanque de regulación de Pago de Gómez, desde donde se distribuirían las aguas a la ciudad de Arica.

Para el proyecto se considera la colocación de válvulas de retención, corte, desagüe y control en las tuberías que forman parte del sistema de conducción desde los pozos hacia la planta elevadora. Se consulta además la colocación de ventosas cada 1km en las aducciones desde el estanque de carga hasta la planta de tratamiento, y desde la planta al estanque ubicado en Pago de Gómez.

En la figura A4-1 se presenta un diagrama esquemático de la solución descrita, en donde se pueden observar las principales características de los elementos que compondrían esta solución.

## II. PARÁMETROS DE DISEÑO.

El caudal sustentable del acuífero ha sido establecido en 280 l/s.

En lo que se refiere a la calidad del agua, los antecedentes disponibles indican que no existen problemas específicos de concentración con algún elemento químico en particular. Por lo anterior se consideró que el agua sólo requiere un tratamiento de tipo convencional, es decir, filtración y adición de cloro. La eficiencia de este tipo de plantas se estima conservadoramente en 92%, con lo que resulta que la producción de agua que permitiría obtener esta solución es de 258 l/s. La planta de tratamiento se ubicaría en el sector del km 14 del camino de Azapa.

Por último, para evaluar correctamente el caudal producido para abastecer Arica se deben considerar las pérdidas que se producen en la conducción, las que se consideran iguales a 0,02 %/km, y toma cuenta el efecto de la antigüedad y el tipo de mantenimiento del ducto, llegándose a una pérdida de 1,6 % en los 104 km de conducción hasta el estanque Pago de Gómez. De esta forma se tendría una producción equivalente al 90.4% del agua captada, y adoptando una eficiencia conservadora para la planta de tratamiento la eficiencia final del sistema sería del 90%, con una producción de 252 l/s.

En la tabla adjunta se presenta en forma resumida los valores de perdidas del sistema por tramo

<b>PERDIDAS DE AGUA POR EL SISTEMA</b>	
Perdidas por captación	1,0%
Perdidas por Conducción e impulsión	1,6%
<b>Total perdidas</b>	<b>2,6%</b>
<b>Eficiencia Planta Tratamiento</b>	<b>92%</b>
<b>Factor Eficiencia Sistema:</b>	<b>90%</b>

## III. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO

En lo que sigue se presentan los resultados del diseño de pre factibilidad realizado, que consideró diversos diseños alternativos presentándose la solución técnico económica más recomendable.

## a) SONDAJES

En los sondeos sólo se ha considerado la colocación del equipo de bombeo y prueba de bombeo.

## b) EQUIPOS DE ELEVACIÓN

### b.1) En Sondeos

Los equipos de elevación en los sondeos corresponderían a bombas sumergibles, y sus características son las indicadas en el cuadro siguiente.

POZO	CAUDAL (l/s)	H elev (m)	Potencia (kw)
4	37	100	55
5	35	75	39
6	37	76.3	42
7	49	100	73
8	61	80	73
9	54	135	109
10	7	86	9
TOTAL	280		402

La potencia total de los equipos es de 402 kw.

Además debe considerarse la tubería necesaria para impulsar el agua desde los sondeos a la aducción recolectora, la que se diseñaría en acero con una longitud de 14 km y un diámetro de 250 mm.

### b.2) Planta Elevadora

Se considera la construcción de una planta elevadora compuesta por 2 bombas de tipo centrífugo horizontal para elevar 140 l/s a una altura de 160 m, con una potencia de 340 kw. Se consideró adicionalmente una bomba de reserva. La potencia total de la instalación sería de 680 kW.

Por condiciones de seguridad, se consulta la instalación de un equipo hidroneumático para el control del golpe de ariete que se podría producir por una detención brusca de los equipos de bombeo.

## c) Aducción Recolectora

Se considera la construcción de una aducción colectora de acero de 12,6 km de longitud y 500 mm de diámetro.



**d) Impulsión Planta Elevadora- Estanque Tejene**

La tubería de impulsión sería de acero con una longitud de 1,2 km y un diámetro de 600 mm. Elevaría el agua desde la planta de bombeo que se ubicaría a 4.500 msnm.

**e) Aducción Estanque Cerro Tejene-Estanque Lauca**

La aducción estaría compuesta por 2 tramos de tubería de acero. El primero con una longitud de 13,5 km y diámetro 600 mm. Este tramo iría desde el estanque de carga Cerro Tejene a la cota 4.500 msnm, atravesando el portezuelo Chapiquiña, hasta un punto de cota 4.300 msnm donde entregaría a un acueducto de una longitud de 4.250 m y de 400 mm de diámetro que llega hasta el estanque de carga Lauca, a la cota de 3.340 m.

**f) Estanques de Carga**

Se consulta la construcción de 2 estanques de carga, el primero 1.200 m aguas debajo de la planta elevadora y el segundo después del tramo en acueducto. Ambos estanques tendrían 2.500 m<sup>3</sup> de capacidad.

**g) Aducción Estanque Lauca a Planta de Tratamiento**

La aducción hasta la planta de tratamiento tendría una longitud de 76,5 km y estaría compuesta por 2 tramos de tubería de acero. El primer tramo es de 5,5 km de longitud, con un diámetro de 600 m. El segundo tramo sería de 71,0 km de longitud y un diámetro de 500 mm. La entrega se produciría en la planta de tratamiento a una cota de 300 msnm.

**h) Planta de Tratamiento**

Es una planta de tratamiento convencional para filtrar el agua y agregarle cloro para tratar los 280 l/s captados por los sondajes, que de acuerdo a la eficiencia adoptada produciría un caudal de 258 l/s.

**i) Aducción a Estanque de Regulación**

La aducción hasta el estanque de regulación de pago Gómez se diseñó utilizando tuberías de acero con una longitud de 15 km y un diámetro de 600 mm.

**j) Tendido Eléctrico**

Para la operación de los sondajes y de la planta elevadora se considera la instalación de un tendido eléctrico de 27,5 km, de los cuales, 2,5 km corresponderían al tendido necesario para la planta elevadora y el resto para los sondajes.

#### IV. ANÁLISIS DE COSTO PROYECTO

A continuación se describen los diferentes valores de costos considerados para la evaluación del presente proyecto AP0, se identifican por separado los costos correspondientes a inversión y operación.

##### a) Costos de Inversión

Por concepto de inversión, de acuerdo a lo señalado en la descripción del proyecto, se requiere realizar diferentes obras y construcción de infraestructura, para su desarrollo y operación, en la tabla adjunta se indican las obras y sus valores asociados.

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>	
Habilitación hacia Planta Elevadora	220
Planta Elevadora e Impulsión	75,3
Aducción a Planta de Tratamiento	1286,9
Planta de Tratamiento	105,7
Aducción a Ciudad	138,8
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>1826,7</b>
10% Estudio de Ingeniería	182,67
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>2009,4</b>
Costos de Reemplazo Equipos	182,7

##### b) Costos de Operación.

Los costos de operación asociados al proyecto, corresponden a operación y mantención de la planta de tratamiento, junto a los equipos de bombeo, el personal requerido para estas labores y los gastos de energía eléctrica requeridos.

Para el caso de los costos de energía eléctrica, estos difieren según sea el caso, para la extracción de agua en los pozos lauca, la energía es más cara que en el caso de la energía utilizada para bombear agua en el valle por concepto extracción subterránea para posterior uso como agua potable. Los valores de costos correspondientes del proyecto, son indicados en la tabla adjunta.

<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m3)</b>	
Costo Energía	0,00894
Costo Operación Planta	0,00174
Costo Personal	0,00015
Costo de Mantención	0,00106
<b>TOTAL PARCIAL</b>	<b>0,01189</b>
Ahorro Energía por bombeo Valle	0,00038
<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01151</b>

##### c) Resumen Costos de incremento Marginal Proyecto AP0:

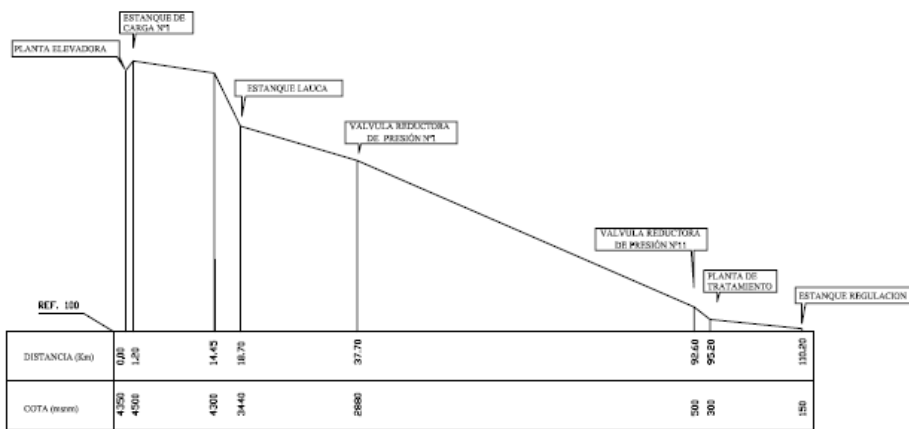
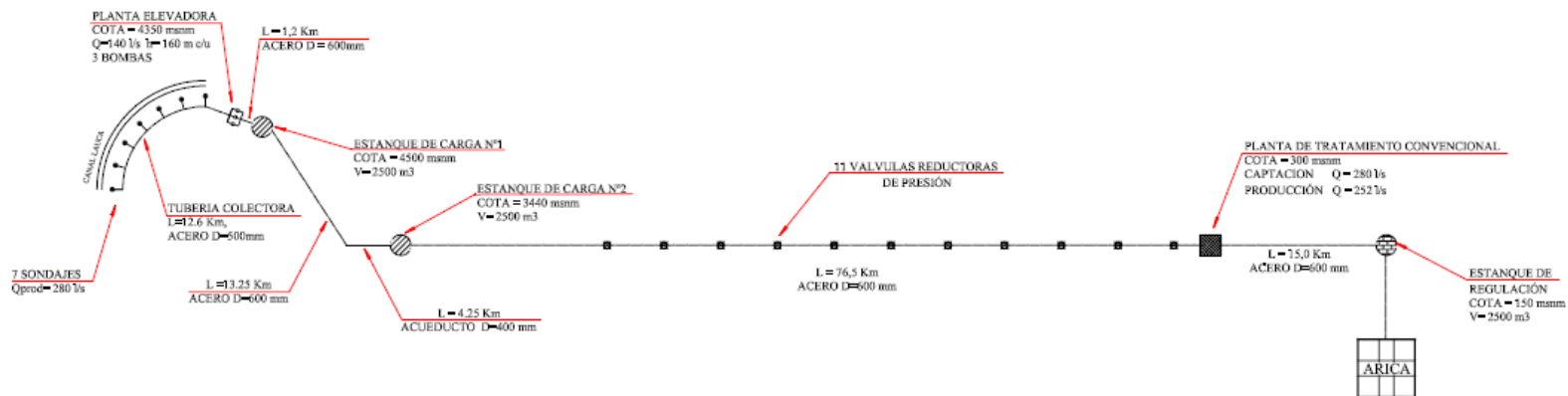
<b>CIM:</b>	<b>TOTAL INVERSIÓN</b>		<b>OPERACIÓN</b>
<b>\$/m3</b>	788	507	280
<b>UF/m3</b>	0,036	0,023	0,013
<b>US\$/m3</b>	1,66	1,07	0,59

Obs: Se considera el valor de UF y US dolar al 19 de Julio de 2011

Flujo Costo de incremento Marginal (CIM) Proyecto AP0:

Año	INVERSIÓN				COSTOS									Costo Total Anual	Volumen Producción	
	Obras Civiles y otros	Equipos	Planta de Tratamiento	Total Inversión	Volumen Explotación	Energía Sondajes	Energía Planta Elevadora	OPERACIÓN		Costo Personal	Costo Mantenimiento	Reducción costo por menor bombeo Q actual AP	Costo Total Operación			
								Costo Energía Sondajes	Costo Operación Planta							
(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	(kWh/año)	(kWh/año)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	
0	-	-	-	182.670	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182.670	-
1	769.165	91.335	52.850	913.350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	913.350	-
2	769.165	91.335	52.850	913.350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	913.350	-
3	-	-	-	-	8.830.080	7.958.487	5.452.008	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
4	-	-	-	-	8.830.080	13.048.218	8.938.758	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
5	-	-	-	-	8.830.080	13.480.073	9.234.603	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
6	-	-	-	-	8.830.080	13.911.929	9.530.449	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
7	-	-	-	-	8.830.080	14.312.938	9.805.162	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
8	-	-	-	-	8.830.080	14.775.641	10.122.140	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
9	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
10	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
11	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
12	-	182.670	-	182.670	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	284.651	7.947.072
13	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
14	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
15	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
16	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
17	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
18	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
19	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
20	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
21	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
22	-	182.670	-	182.670	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	284.651	7.947.072
23	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
24	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
25	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
26	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
27	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
28	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
29	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-
30	-	-	-	-	8.830.080	15.145.803	10.375.721	78.941	15.364	1.325	9.360	3.009	101.981	101.981	7.947.072	-

## PROYECTO AGUA POTABLE (AP0)



SIMBOLOGÍA	
IMPULSION	— — — —
CANAL	=====
ADUCCION	—————
PLANTA DE TRATAMIENTO	■
ESTANQUE DE CARGA	⊗
ESTANQUE DE REGULACION	⊙
PLANTA ELEVADORA	⊠
POZOS	⊕
VÁLVULAS REDUCT. DE PRESIÓN	⊗
CIUDAD	⊠

<b>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS</b> <b>DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS</b>		PROYECTO: <b>HABILITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN</b> <b>SONDAJES CANAL LAUCA</b>	
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL PROYECTO DE AGUA POTABLE		FECHA: JULIO-2011	ESCALA: S/E
		FIGURA N°:	A4-1

## PROYECTO AP1

### HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA Y MEJORAMIENTO CANAL LAUCA PARA APROVECHAMIENTO EN AGUA POTABLE

#### I. DESCRIPCIÓN

Este proyecto contempla el aprovechamiento de recursos subterráneos en la cuenca del río Lauca, con el fin de aumentar la producción de agua potable de la ciudad de Arica, trasvasado recursos a través del canal Lauca a la cuenca del río San José.

El proyecto es similar al proyecto anterior, el recurso es transportado por los mismos medios y vías hasta la bocatoma del canal Azapa, pudiéndose utilizar el recurso complementariamente para generación hidroeléctrica en la central Chapiquiña o desviarse por medio de la quebrada chusmiza. Se diferencia del proyecto citado, en descartar las obras de reparación del canal Azapa, sin embargo si deben realizar obras de mejoramiento en su bocatoma, ya que desde este punto nace una aducción de 25 km de longitud a la planta de tratamiento, desde la cota 960 msnm hasta la cota 300 msnm, donde el caudal es tratado y luego conducido por una segunda aducción de 15 km hasta el estanque de regulación Pago de Gomez, desde donde se distribuyen las aguas a la ciudad de Arica.

En la figura A4-2 se presenta un diagrama esquemático de la solución descrita, en donde se pueden observar las principales características de los elementos que compondrían esta solución.

#### II. PARÁMETROS DE DISEÑO.

El caudal sustentable del acuífero es el mismo indicado en el proyecto anterior, y ha sido establecido en 280 l/s e igual calidad.

##### a) Perdidas Por Conducción

Desde su captación hasta la bocatoma del canal Azapa, el proyecto es idéntico al anterior, por lo que hablamos a este punto de una pérdida parcial de 17.3%, la diferencia se produce a partir de este punto donde por concepto de la aducción a la planta de tratamiento existe una pérdida adicional de 0.8%, con lo que se obtiene una pérdida total por conducción de 18.1% a la planta, y considerando que la planta de tratamiento posee un factor de eficiencia de 92%, la pérdida total del sistema corresponde a un 25% con una eficiencia del 75%. En la tabla adjunta se presenta en forma resumida los valores de pérdidas del sistema por tramo.

<b>PERDIDAS DE AGUA POR EL SISTEMA</b>	
Perdidas por captación	1,0%
Perdidas canal Lauca	1,3%
Perdidas Túnel	1,0%
<b>Perdida Parcial</b>	<b>3,3%</b>

Perdidas San José	14,0%
Perdida Conducción	0,80%
<b>Total pérdidas</b>	<b>18,1%</b>
<b>Eficiencia Planta</b>	<b>92%</b>
<b>Factor Eficiencia Sistema:</b>	<b>75%</b>

#### **b) Producción Del Sistema**

Como ya se ha mencionado el proyecto es idéntico al anterior, desde su captación hasta la bocatoma del canal Azapa, se puede extraer como máximo 280 l/s, y considerando las pérdidas por transporte del sistema es posible asegurar en la bocatoma del canal Azapa, 232 l/s del total, luego por efectos de la conducción y tratamiento del recurso se tendría una producción de 210 l/s.

#### **c) Planta de Tratamiento**

Es una planta de tratamiento convencional para filtrar el agua y agregar cloro que permite tratar los 229 l/s del total de los 280 l/s captados, que llegan a la planta por concepto de pérdidas en la conducción.

#### **d) Obra de Toma**

Con el fin de captar el total del agua necesaria para abastecer el canal azapa y la planta de tratamiento, se diseñará una obra de toma para un caudal de 1.185 l/s

### **III. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO**

A continuación se presentan las principales características de los diseños adoptados para este proyecto, solo se describirán las obras complementarias no descritas en el proyecto anterior, puesto que como se mencionó con anterioridad ambos proyectos son similares. En esta alternativa existen dos escenarios posibles, el Escenario nº 1 no contempla generación hidroeléctrica, mientras que el segundo si lo hace, independiente del escenario los diseños adoptados son válidos para ambos.

#### **a) Obra de Toma**

La obra de toma consiste en un vertedero lateral para la captación del recurso, sistema desripador, muro de desviación, enrocado de protección, desarenador, canal revestido y aducción hasta la planta de tratamiento.

### **a.1) Obra de captación**

La obra de captación corresponde a un vertedero lateral de pared gruesa y redondeada, ubicado junto al sistema desripador, que captaría las aguas peraltadas por el muro de desviación. El vertedero tendría una altura de 1.0m, con el objeto de impedir el ingreso de material fluvial grueso del sistema de captación. La longitud del vertedero sería de 4.0m, adecuada para captar el caudal de diseño, el que comprende los caudales destinados a riego en el canal Azapa y a agua potable.

### **a.2) Muro de Desviación**

Corresponde a una barrera de enrocado de 100 m de longitud, la que se apoyaría en el lecho del río a través de un filtro que cumpliría el objetivo de evitar el arrastre de material del lecho. Para el muro se considera un talud H:V = 3:1 por aguas arriba y H:V = 10:1 por aguas abajo. La altura de coronamiento del muro sería 1,3 m, necesarios para dar carga al vertedero lateral y con rocas de al menos 200 kg.

### **a.3) Sistema Desripador**

El sistema desripador estaría compuesto por 2 compuertas de 3 m de ancho y 4 m de altura cada una.

### **a.4) Desarenador**

El desarenador se diseñaría con un ancho de 3 m, una longitud útil de 10 m, y una velocidad de diseño de 0,15 m/s.

### **a.5) Obras de Conducción Hasta Canal Existente**

Para la obra de conducción se considera un canal de 1,0 m de ancho, una altura de 0,5 m y una pendiente media de 2,65 %. La longitud total de la obra es de 3,64 Km. Se considera un revestimiento de hormigón de 0,15 m.

### **a.6) Aducción Desde Toma a Planta de Tratamiento**

La aducción hasta la planta de tratamiento, se diseñaría con tubería de acero tipo Alvenius de 5 mm de espesor, con una longitud de 25 km y 600 mm de diámetro.

### **b) Aducción a Estanque de Regulación**

La aducción hasta el estanque de regulación de pago Gómez se diseñó utilizando tuberías de acero con una longitud de 15 km y un diámetro de 600 mm.

## **IV. ANÁLISIS DE COSTO PROYECTO**

A continuación se describen los diferentes valores de costos considerados para la evaluación del presente proyecto AP1-SG, agua potable sin generación eléctrica, se identifican por separado los costos correspondientes a inversión y operación.

### a) Costos de Inversión

Por concepto de inversión, de acuerdo a lo señalado en la descripción del proyecto, se requiere realizar diferentes obras y construcción de infraestructura, para su desarrollo y operación, en la tabla adjunta se indican las obras y sus valores asociados.

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>	
Mejoramiento canal Lauca	167,8
Obra de Toma	296,291
Planta de Tratamiento	135,5
Aducción a Ciudad	181,248
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>780,8</b>
10% Estudio de Ingeniería	78,0839
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>858,9229</b>
Costos de Reemplazo Equipos	182,67

### b) Costos de Operación.

Los costos de operación asociados al proyecto son los mismos que en el caso AP0, es decir corresponden a operación y mantención de la planta de tratamiento, junto a los equipos de bombeo, el personal necesario para estas labores y los gastos de energía eléctrica requeridos.

Para el caso de incluir generación Hidroeléctrica se asume una reducción de costos proveniente del ahorro de energía en el bombeo de los sondajes del Lauca.

### c) Resumen Costos de incremento Marginal

Alternativa Sin Generación Hidroeléctrica

<b>CIM:</b>	<b>TOTAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>OPERACIÓN</b>
<b>\$/m3</b>	620,2	282,1	338,2
<b>UF/m3</b>	0,028	0,013	0,015
<b>US\$/m3</b>	1,31	0,59	0,71

**Obs:** Se considera el valor de UF y US dolar al 19 de Julio de 2011

Alternativa con Generación Hidroeléctrica

<b>CIM:</b>	<b>TOTAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>OPERACIÓN</b>
<b>\$/m3</b>	359,8	282,1	77,7
<b>UF/m3</b>	0,02	0,013	0,004
<b>US\$/m3</b>	0,76	0,59	0,164

**Obs:** Se considera el valor de UF y US dolar al 19 de Julio de 2011



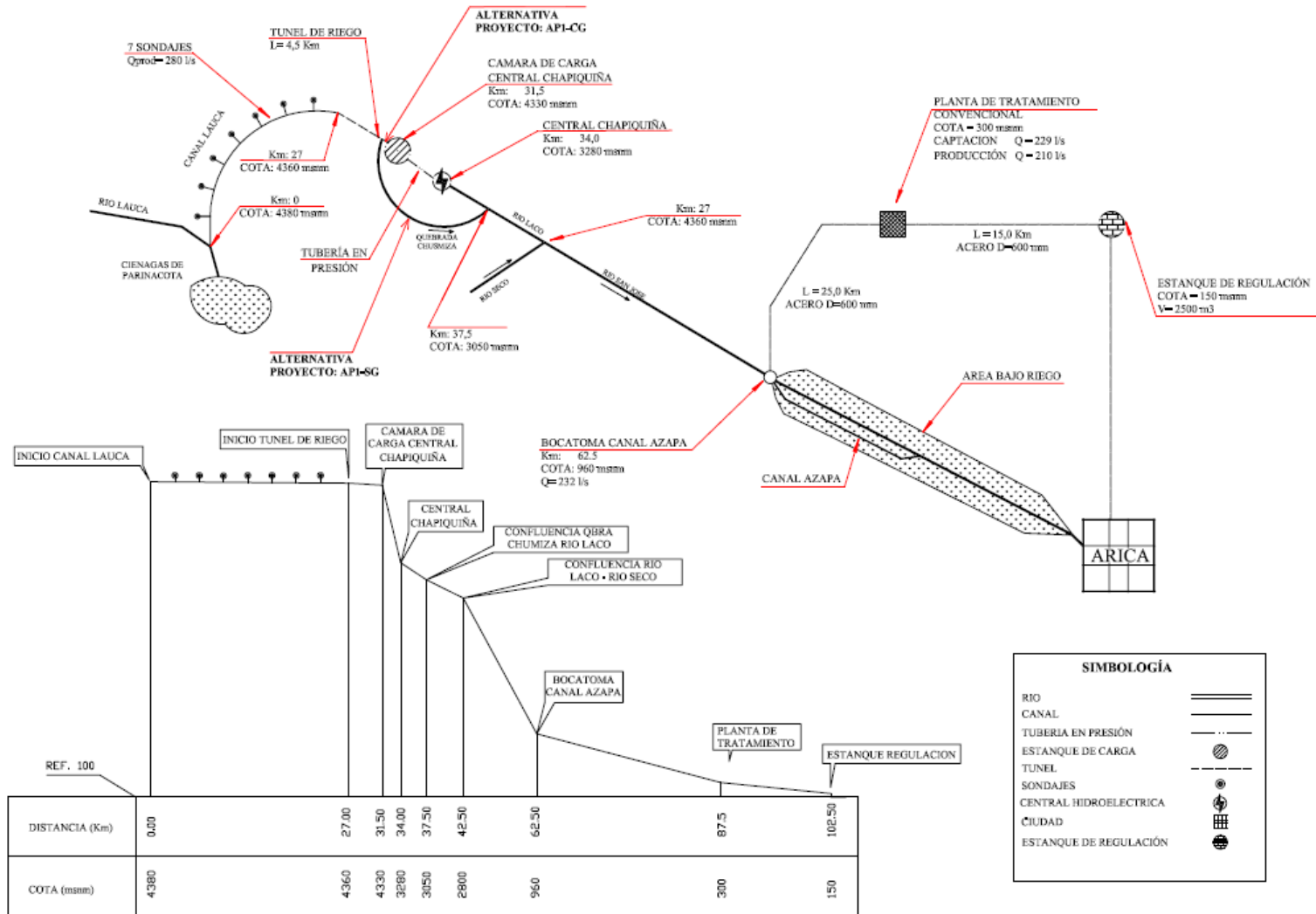
Flujo Costo de incremento Marginal, AP1-SG (Sin Generación Hidroeléctrica)

COSTOS													
Año	INVERSIÓN				OPERACIÓN								
	Obras Civiles y otros	Equipos	Planta de Tratamiento	Total Inversión	Volumen Explotación	Costo Energía Sondajes	Costo Operación Planta	Costo Personal	Costo Mantenición	Reducción costo por menor bombeo Q actual AP	Costo Total Operación	Costo Total Anual	Volumen Producción
	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)
0	78.084	-	-	78.084	-	-	-	-	-	-	-	78.084	-
1	231.335	91.335	67.750	390.420	-	-	-	-	-	-	-	390.420	-
2	231.335	91.335	67.750	390.420	-	-	-	-	-	-	-	390.420	-
3	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
4	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
5	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
6	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
7	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
8	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
9	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
10	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
11	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
12	-	182.670	-	182.670	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	285.152	6.622.560
13	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
14	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
15	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
16	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
17	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
18	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
19	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
20	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
21	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
22	-	182.670	-	182.670	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	285.152	6.622.560
23	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
24	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
25	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
26	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
27	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
28	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
29	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560
30	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	102.482	102.482	6.622.560

Flujo Costo de incremento Marginal, AP1-CG (Con generación Hidroeléctrica)

Año	INVERSION				COSTOS									
	Obras Civiles y otros (UF)	Equipos (UF)	Planta de Tratamiento (UF)	Total Inversión (UF)	Volumen Explotación (m3/año)	Costo Energía Sondajes (UF)	Costo Operación Planta (UF)	Costo Personal (UF)	Costo Mantenimiento (UF)	Reducción costo por menor bombeo Q actual AP (UF)	Reducción costo por Q empleado en generacion (UF)	Costo Total Operación (UF)	Costo Total Anual (UF)	Volumen Producción (m3/año)
0	78.084	-	-	78.084	-	-	-	-	-	-	-	-	78.084	-
1	231.335	91.335	67.750	390.420	-	-	-	-	-	-	-	-	390.420	-
2	231.335	91.335	67.750	390.420	-	-	-	-	-	-	-	-	390.420	-
3	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
4	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
5	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
6	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
7	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
8	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
9	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
10	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
11	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
12	-	182.670	-	182.670	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	206.211	6.622.560
13	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
14	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
15	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
16	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
17	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
18	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
19	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
20	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
21	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
22	-	182.670	-	182.670	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	206.211	6.622.560
23	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
24	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
25	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
26	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
27	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
28	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
29	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560
30	-	-	-	-	8.830.080	78.941	15.364	1.325	9.360	2.507	78.941	23.541	23.541	6.622.560

## PROYECTO DE AGUA POTABLE & HIDROELECTRICO ( API-SG & API-CG )



<b>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS</b> <b>DIRECCION GENERAL DE AGUAS</b>		PROYECTO: HABILITACION Y CONSTRUCCION SONDAJES CANAL LAUCA	
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL PROYECTO DE RIEGO		FECHA: JULIO-2011	ESCALA: S/E
		FIGURA N°: A4-2	

## **PROYECTO RG**

HABILITACIÓN SONDAJES CANAL LAUCA Y MEJORAMIENTO CANALES LAUCA Y AZAPA PARA AUMENTO DE DISPONIBILIDAD DE RIEGO.

### **I. DESCRIPCIÓN**

Este proyecto contempla el aprovechamiento de recursos subterráneos en la cuenca del río Lauca, con el fin de suplementar los recursos superficiales utilizados para riego en el valle de Azapa, trasvasados desde la primera cuenca a través del canal Lauca.

En este proyecto se plantea la captación del recurso subterráneo existente en la zona del Canal Lauca en base a 7 sondajes construidos por la Dirección de Obras Hidráulicas en el período de 1992-1993. El caudal captado por los 7 sondajes ascendería a 280 l/s.

El recurso hídrico captado es entregado al canal Lauca y conducido por este a lo largo de 27 km, conducido posteriormente a través de un túnel de riego existente de 4,5 km, al final de este se dispone de dos alternativas, a la quebrada Chusmiza, de manera de baypassar la central hidroeléctrica Chapiquiña, el agua es conducida posteriormente por el cauce del río Laco aproximadamente por 5 km, desde la cota 3050 a la 2800 msnm, donde recibe el aporte del río Seco, continuando su conducción en el ahora denominado río San José por otros 20 km hasta la bocatoma del canal Azapa en la cota 960 msnm, punto al que llega considerando las pérdidas del tramo, un caudal de 232 l/s para su distribución en riego.

Este proyecto contempla la reparación de los canales Lauca y Azapa con el objeto de reducir las pérdidas por transporte del caudal extraído por los pozos, mejorando así la seguridad de riego.

En la figura A4-3 se presenta un diagrama esquemático de la solución descrita, en donde se pueden observar las principales características de los elementos que compondrían esta solución.

### **II. PARÁMETROS DE DISEÑO.**

El caudal sustentable del acuífero ha sido establecido en 280 l/s. En lo que se refiere a la calidad del agua, los antecedentes disponibles indican que no existen problemas específicos de concentración con algún elemento químico en particular.

#### **a) Pérdidas Por Conducción**

Para evaluar correctamente el caudal producido que permitirá abastecer la bocatoma del canal Azapa, se debe considerar que por captación se produce una pérdida de un 1% del caudal, que tras las obras de reparación, el canal Lauca tendría una pérdida de 1,3% y que el túnel de riego presenta una pérdida adicional de un 1%, tras estas consideraciones, en resumen el sistema presenta al punto de descarga en quebrada Chusmiza, un pérdida parcial de un 3,3%. Se considera adicionalmente que la

conducción por el río San José incrementa las pérdidas en un 14%, de esta manera la pérdida acumulada de caudal desde el punto de extracción a la bocatoma del canal Azapa es de un 17,3%. En la tabla adjunta se presenta en forma resumida los valores de pérdidas del sistema por tramo.

<b>PERDIDAS DE AGUA POR EL SISTEMA</b>	
Perdidas por captación	1,0%
Perdidas canal Lauca	1,3%
Perdidas Tunel Riego	1,0%
<b>Perdida Parcial</b>	<b>3,3%</b>
Perdidas San José	14%
<b>Total perdidas</b>	<b>17,3%</b>

#### **b) Producción Del Sistema**

Dado el número de Sondajes (7) y su capacidad de extracción, limitada por la sustentabilidad del sistema, se puede extraer como máximo 280 l/s, considerando las pérdidas por transporte del sistema es posible asegurar en la bocatoma del canal Azapa, 232 l/s del total del caudal extraído.

### **III. RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO**

En lo que sigue se presentan los resultados del diseño de pre factibilidad realizado, que consideró dos diseños alternativos o escenarios, presentándose la solución técnico económico de ambas.

#### **a) Sondajes**

En los sondajes sólo se ha considerado la colocación del equipo de bombeo y prueba de bombeo.

#### **b) Tendido Eléctrico**

Para la operación de los sondajes y de la planta elevadora se considera la instalación de un tendido eléctrico de 27,5 km, de los cuales, 2,5 km corresponderían al tendido necesario para la planta elevadora y el resto para los sondajes.

#### **Alternativa RG-SG**

En este escenario las aguas son conducidas desde los sondajes por el canal Lauca, continuando por el túnel de riego y luego a través del desvío de la quebrada chusmiza

para finalmente ser conducidas por el cauce del río San José a la bocatoma del canal Azapa.

Se considera parte de este escenario los sondeos ya descritos en el proyecto de agua potable, considerándose además la reconstrucción del canal Lauca, conformado por un tramo rectangular y otro trapecial. El tramo rectangular tiene una longitud de 1.835 m, una base de 1,5 m y una altura de 1,8 m. Por otra parte, el tramo trapecial tiene una base de 1,5 m, una altura de 1,8 m, taludes H:V = 0,5:1 y una longitud de 25.625 m. considerando un espesor de 10 cm, se debería reponer 15.100 m<sup>3</sup> de hormigón.

### **Alternativa RG-CG**

Este escenario es similar al anterior, diferenciándose en que el caudal es aprovechado en generación hidroeléctrica por la central Chapiquiña, no se requieren obras adicionales a las descritas anteriormente, en cuanto a las obras que decida desarrollar EDELNOR para incorporar este caudal a generación, no se pueden evaluar a priori.

## **IV. Análisis de Costo Proyecto**

A continuación se describen los diferentes valores de costos considerados para la evaluación del proyecto de riego en sus dos alternativas, sin generación: AR-SG y con generación: AR-CG, se identifica al igual que en los proyectos anteriores, por separado los costos correspondientes a inversión y operación.

### **a) Costos de Inversión**

Por concepto de inversión, de acuerdo a lo señalado en la descripción del proyecto, se requiere realizar la reparación del canal Lauca y Azapa, valido para ambas alternativas del proyecto, en la tabla adjunta se indican las obras y sus valores asociados.

<b>COSTOS DE INVERSIÓN (Miles UF)</b>	
Mejoramiento canal Lauca	167,8
Mejoramiento Canal Azapa	10
<b>SUB-TOTAL</b>	<b>177,8</b>
10% Estudio de Ingeniería	17,78
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>195,58</b>
Costos de Reemplazo Equipos	182,67

### **b) Costos de Operación.**

Los costos de operación asociados a ambas alternativas del proyecto son, al igual que en el caso de la inversión, similares. En la alternativa con generación hidroeléctrica, al igual que en el caso AP1-CG, consecuencia de la generación se asume un beneficio

adicional del proyecto, que correspondería a la reducción de costos de la energía utilizada en el bombeo del caudal de los sondajes, se obtiene así como beneficio neto el valor del costo de energía asociado a los sondajes.

En la siguiente tabla se presentan los valores de costo de operación considerados en ambas alternativas.

<b>COSTOS DE OPERACIÓN (UF/m<sup>3</sup>)</b>	
Costo Energía	0,00894
Costo de Mantención	0,00106
Costo Personal	0,00015
<b>TOTAL OPERACIÓN</b>	<b>0,01015</b>

### c) Resumen Costos de incremento Marginal

#### Alternativa: AR-SG.

<b>CMI:</b>	<b>TOTAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>OPERACIÓN</b>
<b>\$/m3</b>	399,0	131,3	267,7
<b>UF/m3</b>	0,018	0,006	0,012
<b>US\$/m3</b>	0,840	0,276	0,564

**Obs:** Se considera el valor de UF y US dolar al 19 de Julio de 2011

#### Alternativa: AR-CG.

<b>CMI:</b>	<b>TOTAL</b>	<b>INVERSIÓN</b>	<b>OPERACIÓN</b>
<b>\$/m3</b>	163,2	131,3	31,9
<b>UF/m3</b>	0,007	0,006	0,001
<b>US\$/m3</b>	0,344	0,276	0,067

**Obs:** Se considera el valor de UF y US dolar al 19 de Julio de 2011

### d) Análisis de Costos y Beneficios del Proyecto agrícola, Flujos Privados.

Para el caso del proyecto de riego, como se explica y fundamenta en el informe y sus estudios agronómicos, la evaluación del beneficio agrícola presenta dos alternativas, una en el usos del recurso en nuevas hectáreas de cultivos y la otra en mejorar la seguridad de riego para las hectáreas existentes, considerando ello se tiene dos nuevas alternativas para el proyecto sin generación, como también para el proyecto con generación. En la tabla adjunta se identifica el nombre de cada alternativa de proyecto, de manera de identificar y asociar correctamente los flujos privados, presentados posteriormente.

<b>Proyecto Agrícola</b>	<b>Nuevas Hectáreas</b>	<b>Mejor Seguridad Riego</b>
<b>Alternativa c/ Generación</b>	RG-CG-NH	RG-CG-SEGR
<b>Alternativa s/ Generación</b>	RG-SG-NH	RG-SG-SEGR

**Obs:** Se considera el valor de UF y US dolar al 19 de Julio de 2011

Para la evaluación de las alternativas anteriores, se consideraron los flujos agrícolas de los estudios agronómicos respectivos, incorporando como beneficios los ingresos por venta de los cultivos, adicionalmente para el caso de mejora de la seguridad de riego, se incorporó como beneficio el ahorro que se produce por bombeo en el valle hacia cultivos, efecto del nuevo caudal aportado por el canal, el que corresponde a 0,00038 UF/m<sup>3</sup>.

En las tablas presentadas a continuación, se muestra en las dos primeras el flujo de incremento marginal, para las alternativas con generación y sin generación, seguidas de los flujos privados de cada una de las alternativas ya indicadas. Finalmente se presenta una figura esquemática con el proyecto, lamina A4-3, la que es valida para ambos escenarios, la diferencia como ya se explico corresponde a considerar o no el desvío a través de la quebrada Chusmiza.



Flujo Costo de incremento Marginal (CIM), AR-SG, sin Generación Hidroeléctrica.

Año	INVERSIÓN			COSTOS						Costo Total Anual
	Obras Civiles y otros	Equipos	Total Inversión	Volumen Explotación	Volumen Producción	Costo Energía Sondajes	Costo Personal	Costo Mantenimiento	Costo Total Operación	
	(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	(m3/año)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	
0	17.780	-	17.780	-	-	-	-	-	-	17.780
1	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	180.235
2	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	180.235
3	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
4	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
5	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
6	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
7	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
8	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
9	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
10	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
11	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
12	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	272.295
13	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
14	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
15	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
16	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
17	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
18	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
19	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
20	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
21	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
22	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	272.295
23	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
24	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
25	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
26	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
27	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
28	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
29	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625
30	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625

Flujo Costo de incremento Marginal (CIM), AR-CG, con Generación Hidroeléctrica

COSTOS											
Año	INVERSIÓN			OPERACIÓN							Costo Total Anual
	Obras Civiles y otros	Equipos	Total Inversión	Volumen Explotación	Volumen Producción	Costo Energía Sondajes	Costo Personal	Costo Mantención	Reducción costo por Q empleado en generacion	Costo Total Operación	
	(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	(m3/año)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)
0	17.780	-	17.780	-	-	-	-	-	-	-	17.780
1	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235
2	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235
3	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
4	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
5	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
6	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
7	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
8	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
9	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
10	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
11	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
12	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	193.354
13	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
14	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
15	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
16	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
17	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
18	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
19	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
20	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
21	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
22	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	193.354
23	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
24	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
25	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
26	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
27	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
28	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
29	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684
30	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684

Flujo Privado Alternativa: AR-SG-Nuevas Has.

Año	COSTOS										INGRESOS		
	INVERSIÓN			OPERACIÓN							Costo Total Anual	Beneficio Neto cultivos	Beneficio Neto Proyecto
	Obras Civiles y otros	Equipos	Total Inversión	Volumen Explotación	Volumen Producción	Costo Energía Sondajes	Costo Personal	Costo Mantención	Costo Total Operación	(UF)			
(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	(m3/año)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)		
0	17.780	-	17.780	-	-	-	-	-	-	-	17.780	-	17.780
1	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235	-	180.235
2	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235	-	180.235
3	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	26.244	115.869
4	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
5	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
6	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
7	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
8	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
9	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
10	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
11	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
12	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	272.295	-	153.995	118.301
13	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
14	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
15	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
16	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
17	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
18	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
19	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
20	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
21	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
22	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	272.295	-	153.995	118.301
23	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
24	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
25	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
26	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
27	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
28	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
29	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369
30	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	-	153.995	64.369

Flujo Privado Alternativa: AR-CG-Nuevas Has.

Año	COSTOS												Beneficio Neto cultivos (UF)	Beneficio Neto Proyecto (UF)
	INVERSION			OPERACION								Costo Total Anual (UF)		
	Obras Civiles y otros (UF)	Equipos (UF)	Total Inversión (UF)	Volumen Explotación (m3/año)	Volumen Producción (m3/año)	Costo Energía Sondajes (UF)	Costo Personal (UF)	Costo Mantenición (UF)	Reducción costo por Q empleado en generacion (UF)	Costo Total Operación (UF)				
0	17.780	-	17.780	-	-	-	-	-	-	-	17.780	-	-	
1	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235	-	-	
2	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235	-	-	
3	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	26.244	-	
4	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
5	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
6	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
7	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
8	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
9	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
10	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
11	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
12	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	193.354	153.995	-	
13	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
14	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
15	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
16	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
17	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
18	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
19	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
20	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
21	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
22	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	193.354	153.995	-	
23	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
24	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
25	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
26	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
27	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
28	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
29	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	
30	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	153.995	-	

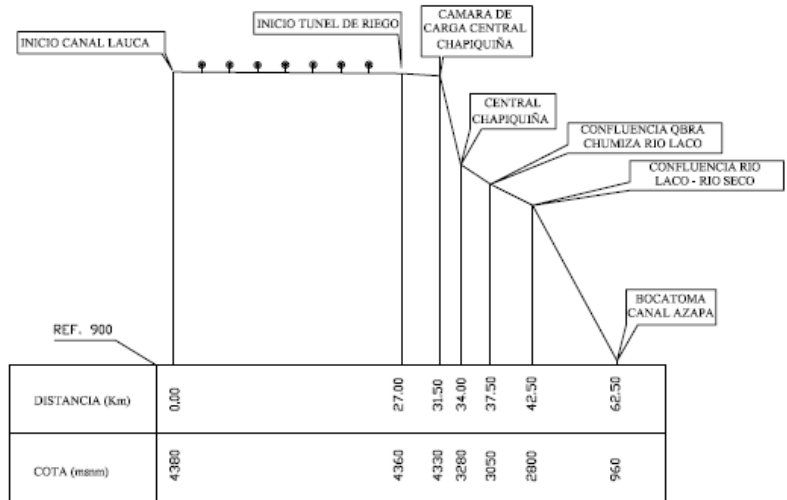
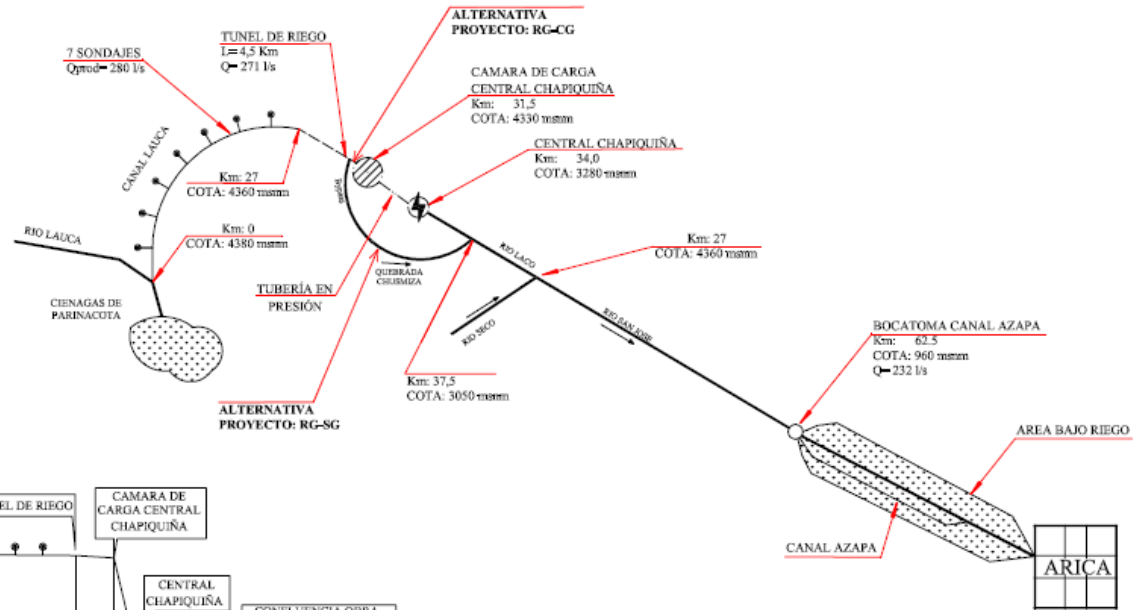
Flujo Privado Alternativa: AR-SG-Aumento Seguridad de Riego.

Año	COSTOS											INGRESOS		
	INVERSION			OPERACION							Riego-Producción		Beneficio Neto Proyecto	
	Obras Civiles y otros	Equipos	Total Inversión	Volumen Explotación	Volumen Producción	Costo Energía Sondajes	Costo Personal	Costo Mantención	Costo Total Operación	Costo Total Anual	Ahorro por Reduccion de Bombeo	Beneficio Neto cultivos		
(UF)	(UF)	(UF)	(m3/año)	(m3/año)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)	(UF)		
0	17.780	-	17.780	-	-	-	-	-	-	17.780	-	-	17.780	
1	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	180.235	-	-	180.235	
2	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	180.235	-	-	180.235	
3	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
4	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
5	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
6	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
7	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
8	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
9	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
10	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
11	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
12	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	272.295	2.770	178.500	91.025	
13	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
14	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
15	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
16	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
17	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
18	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
19	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
20	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
21	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
22	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	272.295	2.770	178.500	91.025	
23	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
24	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
25	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
26	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
27	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
28	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
29	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	
30	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	89.625	89.625	2.770	178.500	91.645	

## Flujo Privado Alternativa: AR-CG-Aumento Seguridad de Riego

Año	COSTOS										INGRESOS			
	INVERSION			OPERACION							Riego-Producción			
	Obras Civiles y otros (UF)	Equipos (UF)	Total Inversión (UF)	Volumen Explotación (m3/año)	Volumen Producción (m3/año)	Costo Energía Sondajes (UF)	Costo Personal (UF)	Costo Mantenimiento (UF)	Reducción costo por Q empleado en generacion (UF)	Costo Total Operación (UF)	Costo Total Anual (UF)	Ahorro por Reduccion de Bombeo (UF)	Beneficio Neto cultivos (UF)	Beneficio Neto Proyecto (UF)
0	17.780	-	17.780	-	-	-	-	-	-	-	17.780	-	-	17.780
1	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235	-	-	180.235
2	88.900	91.335	180.235	-	-	-	-	-	-	-	180.235	-	-	180.235
3	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
4	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
5	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
6	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
7	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
8	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
9	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
10	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
11	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
12	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	193.354	2.770	178.500	12.084
13	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
14	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
15	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
16	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
17	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
18	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
19	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
20	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
21	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
22	-	182.670	182.670	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	193.354	2.770	178.500	12.084
23	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
24	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
25	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
26	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
27	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
28	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
29	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586
30	-	-	-	8.830.080	7.316.352	78.941	1.325	9.360	78.941	10.684	10.684	2.770	178.500	170.586

## PROYECTO DE RIEGO (RG-SG & RG-CG)



SIMBOLOGÍA	
RIO	=====
CANAL	-----
TUBERIA EN PRESIÓN	.....
ESTANQUE DE CARGA	⊙
TUNEL	---⊙---
SONDAJES	⊙
CENTRAL HIDROELECTRICA	⊙
CIUDAD	⊞

<b>MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS</b> <b>DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS</b>		PROYECTO: <b>HABILITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN</b> <b>SONDAJES CANAL LAUCA</b>	
PLANO: <b>PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL</b> <b>PROYECTO DE RIEGO</b>	FECHA: JULIO-2011	ESCALA: S/E	FIGURA Nº: A4-3