



## **COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN EMBALSES ESTACIONALES DEL SECANO, PROVINCIA DE ÑUBLE”**

### **INFORME FINAL RESUMEN EJECUTIVO**

MARZO 2015

Wats – Intercontrol Levante- Montegrande

Dirección. Isidora Goyenechea 3120  
Las Condes, Santiago de Chile, Chile.

Dirección. Alejandro Vial 7801 – D- 34  
La Cisterna, Santiago de Chile, Chile

Celular: +56 9 57245199

e-mail: [grupowats@grupowats.com](mailto:grupowats@grupowats.com) / [correo@intercontrol.cl](mailto:correo@intercontrol.cl)



# ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN EMBALSES ESTACIONALES DE SECANO, PROVINCIA DE ÑUBLE”

## RESUMEN EJECUTIVO

### ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.	ANTECEDENTES.....	8
1.2.	OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO .....	9
2.	ANTECEDENTES BÁSICOS PARA EL ESTUDIO .....	10
2.1.	ANTECEDENTES DISPONIBLES.....	10
2.2.	TRABAJOS DE TERRENO .....	11
3.	DEFINICIÓN Y VALORACIÓN PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE EMBALSE.....	14
4.	ESTUDIOS BÁSICOS .....	16
4.1.	ESTUDIO GEOTÉCNICO .....	16
4.2.	ESTUDIO HIDROLÓGICO .....	17
4.3.	ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO.....	18
5.	CARACTERIZACIÓN AGROPECUARIA EN SITUACIÓN ACTUAL. ....	19
5.1.	CLIMA.....	19
5.1.	SUELOS .....	19
5.2.	CALIDAD DE LA FUTURA AGUA DE RIEGO.....	19
5.3.	SECTORIZACIÓN .....	20
5.4.	ESTRATIFICACIÓN DE LA PROPIEDAD .....	21
5.5.	DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL .....	23
5.6.	SITUACIÓN SIN PROYECTO .....	24
5.7.	SITUACIÓN CON PROYECTO O FUTURA.....	26
5.8.	MANO DE OBRA.....	31
6.	ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL, PAC Y TALLERES LEGALES .....	34
6.1.	ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL .....	34
6.2.	TALLERES LEGALES .....	42
6.3.	PARTICIPACIÓN CIUDADANA.....	44
7.	ESCENARIOS Y MODELO DE SIMULACIÓN.....	47

8.	DISEÑOS PRELIMINARES.....	51
8.1.	EMBALSE.....	51
8.2.	CANALES.....	53
8.3.	SISTEMA DE AFORO REMOTO DE CAUDALES.....	56
8.4.	HIDROGENERACIÓN.....	57
8.5.	OBRAS DE EMBALSE DE CONTROL.....	57
9.	ESTUDIO DE TENENCIA DE TIERRA.....	58
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	60
10.1.	BENEFICIOS AGROECONÓMICOS.....	60
10.2.	BENEFICIO ASOCIADO EL VALOR INCREMENTAL DE LA TIERRA.....	62
10.3.	BENEFICIO ASOCIADO A LAS TRANSACCIONES DE LOS DERECHOS DE AGUAS. 62	
10.4.	BENEFICIO ASOCIADO A LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA.....	63
10.4.1.	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN.....	63
10.4.2.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN.....	64
10.5.	COSTO OBRAS DE LA PRESA.....	65
10.6.	COSTOS OBRAS DE RED DE RIEGO.....	70
10.7.	RESUMEN DE COSTOS POR ESCENARIO Y SUPERFICIE DE RIEGO.....	75
10.8.	ANÁLISIS FINANCIERO.....	76
10.9.	RENTABILIDAD DEL PROYECTO RIEGO.....	79
10.10.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	81
10.10.1.	INTRODUCCIÓN.....	81
10.10.2.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PRIMER ORDEN.....	81
10.10.3.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE SEGUNDO ORDEN.....	83
10.11.	ANÁLISIS DE RIESGO.....	83
10.11.1.	INTRODUCCIÓN.....	83
10.11.2.	CONDICIONES DE ANÁLISIS.....	84
10.11.3.	RESULTADOS.....	84
11.	EXTERNALIDADES.....	89
12.	RECOMENDACIÓN SOBRE EL TAMAÑO DEL PROYECTO.....	90
13.	RECOMENDACIÓN SOBRE EL MOMENTO ÓPTIMO DE INVERSIÓN.....	91
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
14.1.	CONCLUSIONES.....	92
14.2.	RECOMENDACIONES.....	94

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 2-1. Resumen trabajos de geotecnia .....	12
Tabla 5-2. Distribución de la Superficie y Número de Predios por Sector .....	22
Tabla 5-3. Uso actual cultivos por superficies.....	23
Tabla 5-4. Rendimientos en SA y SAO .....	25
Tabla 5-5. Uso futuro de la tierra y comparativa entre Situación Actual y Futura.....	26
Tabla 5-6. Comparación márgenes brutos Situación Actual y Situación Con Proyecto. Predio promedio Expandido Ajustado Total Área.....	29
Tabla 5-7. Comparación mano de obra Situación Sin Proyecto y Situación Con Proyecto.....	33
Tabla 6-8. Resumen Permisos Ambientales Sectoriales .....	37
Tabla 6-9. Resumen de costos por etapas .....	42
Tabla 6-10. Programación de las actividades .....	44
Tabla 6-11. Fechas de reuniones de PAC .....	45
Tabla 7-12. Escenarios simulados .....	48
Tabla 7-13. Resultados simulaciones.....	49
Tabla 8-14. Volumen Máximo Total de Embalses.....	51
Tabla 10-15. Beneficios asociados al riego (Pesos).....	61
Tabla 10-16. Precio del terreno considerado en expropiaciones.....	62
Tabla 10-17. Precio del terreno incluyendo la variación del uso.....	62
Tabla 10-18. Beneficios asociados a las transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas.5.....	63
Tabla 10-19. Resumen de resultados de la evaluación económica.....	65
Tabla 10-20. Costos directos privados y cubicación de presa cota coronación 100,50 msnm.....	66
Tabla 10-21. Costos directos privados y cubicación de presa cota coronación 101,50 msnm.....	67
Tabla 10-22. Costos directos privados y cubicación de presa cota coronación 104,00 msnm.....	68
Tabla 10-23. Costos directos privados para todas las alturas de muro estudiadas.....	69
Tabla 10-24. Costos directos sociales para todas las alturas de muro estudiadas .....	70
Tabla 10-25. Costos directos privados y cubicación de canales para riego escenario 1 .....	71
Tabla 10-26. Costos directos privados y cubicación de canales para riego escenario 2.....	72
Tabla 10-27. Costos directos privados por escenarios .....	72
Tabla 10-28. Costos directos sociales y cubicación de canales para riego escenario 1 .....	73
Tabla 10-29. Costos directos sociales y cubicación de canales para riego escenario 2 .....	74
Tabla 10-30. Costos directos sociales por escenarios.....	74
Tabla 10-31. Costos totales privados alternativas de muro .....	75
Tabla 10-32. Costos totales sociales alternativas de muro.....	76
Tabla 5-33. Valor a pagar, capacidad de pago y necesidad de subsidio según predios promedio (precios privados).....	77
Tabla 5-34. Valor a pagar, capacidad de pago y necesidad de subsidio según predios promedio (precios sociales) .....	78

Tabla 10-35. Resultados de la evaluación económica. Resumen. Precios privados.....	79
Tabla 10-36. Resultados de la evaluación económica. Resumen. Precios sociales .....	79
Tabla 10-37. Niveles de integración tecnológica.....	82
Tabla 10-38. Análisis de incidencia de las variables en la rentabilidad del proyecto. Precios sociales .....	82
Tabla 10-39. Análisis de incidencia de las variables combinadas en la rentabilidad del proyecto. Precios sociales .....	83
Tabla 10-40: Resultados análisis de riesgo variable costo inversión.....	84
Tabla 10-41: Resultados de % de VAN positivo- negativo del análisis de riesgo variable costo inversión.....	85
Tabla 10-42: Resultados análisis de riesgo variable precio venta producto .....	85
Tabla 10-43: Resultados de % de VAN positivo- negativo del análisis de riesgo variable precio venta producto.....	86
Tabla 10-44: Resultados análisis de riesgo combinación variables costo - precio venta .....	86
Tabla 10-45: Resultados de % de VAN positivo- negativo del análisis de riesgo variable precio y coste.....	87

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1. Plano situación nacional y regional del Estudio.....	8
Figura 2-2. Mapa de ubicación general del estudio. ....	9
Figura 5-3. Mapa de Sectorización de la Red de Riego del Estero Quilmo y ubicación del futuro Embalse .....	21
Figura 5-4. Pastos y praderas en predios con aprovechamiento ganadero y nivel tecnológico bajo .....	24
Figura 5-5. Predios de cultivos herbáceos y hortícolas y nivel tecnológico bajo-medio .....	24
Figura 8-6. : Planta de las Obras Diseñadas. ....	52
Figura 8-7. : Sección de las Obras Diseñadas.....	53
Figura 8-8 Canal de la Margen Izquierda.....	54
Figura 8-9 Canal de la Margen Derecha .....	54
Figura 8-10. Canales derivados 1 y 2. ....	55
Figura 8-11. Instalación de un aforador Parshall en canal de riego.....	56
Figura 10-12. Relación costo directo privado – cota coronación muro. ....	69
Figura 10-13. Curva VAN-Superficie. Precios privados .....	80
Figura 10-14. Curva VAN-Superficie. Precios sociales.....	80
Figura 12-15. Curva de VAN (precios sociales) frente a Superficie Máxima Regable.....	90

## LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1. Encuestas agrícolas .....	13
Fotografía 2-2. Encuestas agrícolas .....	13
Fotografía 2-3. Interior de una calicata. ....	13

Fotografía 2-4. Sondeo en la zona de fundación de la presa .....	13
Fotografía 3-5. Fotografía del vaso de inundación tomada hacia aguas arriba del estero Quilmo. En azul se ilustra la ubicación estimada del nivel de aguas del embalse. ....	14
Fotografía 3-6. Depósitos fluviales antiguos (Q1fa) en el entorno del estribo izquierdo de la presa de Quilmo. ....	15
Fotografía 6-7. Taller legal N° 1. ....	43
Fotografía 6-8. Taller legal N° 2. ....	43
Fotografía 6-9. Fotografía de la primera reunión de participación ciudadana en Chillán Viejo.....	46

<b>Especialidad</b>	<b>Nombre del profesional</b>	<b>Especialidad</b>
<b>REVISIÓN TÉCNICA</b>	Joaquín Sánchez Mancha	Ingeniero Agrónomo
	Pascual Abad Moreno	Ingeniero Civil
	Enrique Cifres Jiménez	Ingeniero Civil
<b>ADMINISTRACIÓN</b>	Gonzalo Tapia Casanova	Jefe de administración
	Patricia López Colomer	Auxiliar administración
<b>EVALUACIÓN Y PLANIFICACIÓN PROYECTOS</b>	Manuel Cánovas Carreño	Ingeniero Civil
<b>MECÁNICA DE SUELO</b>	Francisco Izquierdo Silvestre	Ingeniero Civil
	Isabel Rodríguez Gayo	Ingeniero Civil
<b>ESTRUCTURAS</b>	Juan Francisco Moyá Soriano	Ingeniero Civil
	Jose Vicente Candel Hernandis	Ingeniero Civil
<b>HIDROLOGÍA</b>	Vicente Bertolín Peiró	Ingeniero Civil
	Félix Bandrés Domínguez	Ingeniero Civil
	Francisco Hernandis Almodóvar	Ingeniero Agrónomo
<b>RECOPIACIÓN ANTECEDENTES</b>	Eduardo González Meliá	Ingeniero Civil
	Amparo Moreno Durá	Ingeniero Civil
<b>AGRONOMÍA</b>	Juan López Collado	Ingeniero Agrónomo
	Joaquín Sánchez Mancha	Ingeniero Agrónomo
	Francisco Hernandis Almodóvar	Ingeniero Agrónomo
<b>GEOMENSURA</b>	Javier Barragán Martos	Ingeniero Geomensor
<b>GEOLOGÍA</b>	Jesús Martínez Ortega	Geólogo
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	Ignacio Orts Soler	Licenciado Ciencias Ambientales
<b>ADMINISTRACIÓN</b>	Gonzalo Tapia Casanova	Jefe de administración
	Patricia López Colomer	Auxiliar administración
<b>DIBUJANTES</b>	María Ramírez Toro	Dibujantes
	Jesús Caballer Sánchez	Dibujantes
	Sonia Padilla Genovés	Dibujantes

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. ANTECEDENTES

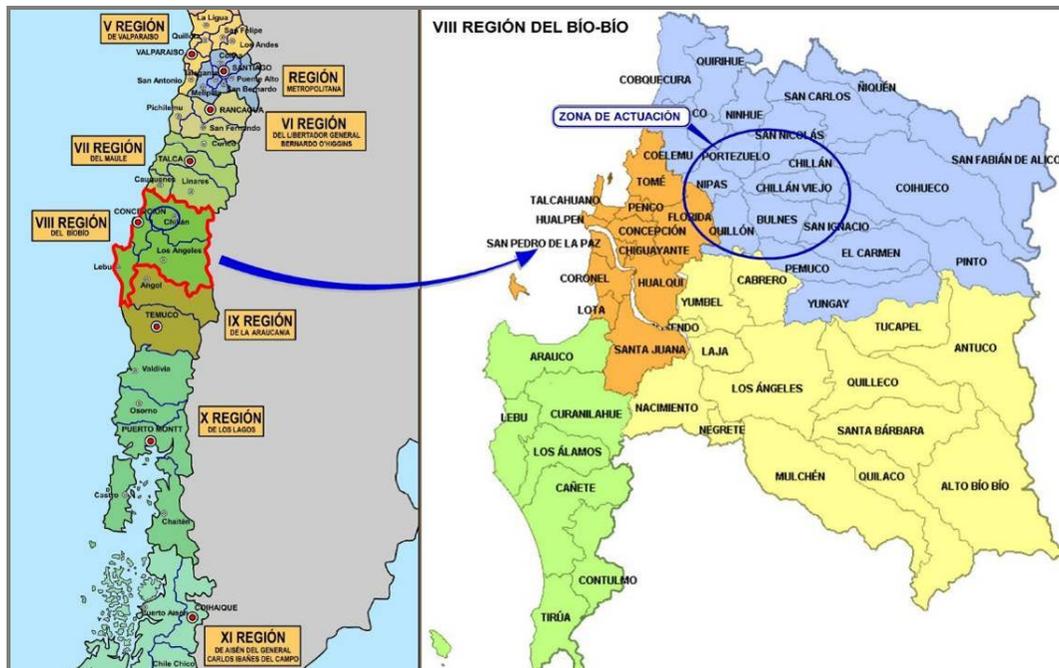
La Comisión Nacional de Riego, en adelante la CNR, ha puesto en marcha la elaboración del estudio de prefactibilidad del proyecto “Construcción embalses estaciones del secano, provincia de Ñuble”, cuya implementación permitirá beneficiar de forma preliminar a tres zonas situadas en las comunas de San Nicolás, San Carlos, Chillán Viejo y Ránquil.

El proyecto, propuesto por la Comisión Nacional de Riego, corresponde a la regulación de tres esteros con un embalse estacional en cada caso, para incorporar nuevo riego seguro, en tres valles con riego de muy baja seguridad de abastecimiento en que predominan las praderas y los cultivos de secano. La situación de las tres zonas de interés en las que se pretende desarrollar el estudio son:

- Estero Changaral: comuna de San Nicolás y comuna de San Carlos.
- Estero Quilmo: comuna de Chillán Viejo.
- Estero Ránquil: comuna de Ránquil.

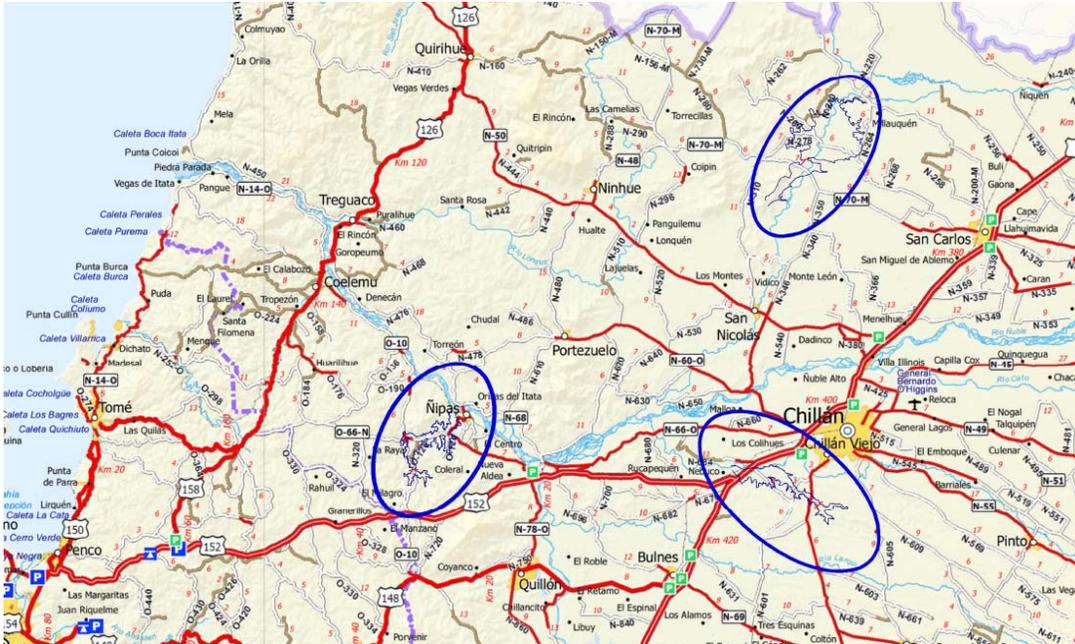
El área objeto del análisis se localiza en Chile, en la VIII Región del Bío Bío.

**Figura 2-1. Plano situación nacional y regional del Estudio**



Dentro de la VIII Región, se ubica en la provincia de Ñuble, en las comunas de Chillán Viejo, San Nicolás, San Carlos, y Ránquil-Ñipas.

**Figura 2-2. Mapa de ubicación general del estudio.**



La superficie de riego seguro que se podría conseguir con la implementación del proyecto en cada uno de los tres sectores de interés, se estimó de forma preliminar, en base a los antecedentes existentes a nivel de perfil en:

- Superficie de riego en sector Changaral: 3.232 hectáreas.
- Superficie de riego en sector Quilmo: 2.206 hectáreas.
- Superficie de riego en sector Ránquil: 1.305 hectáreas.

## 1.2. OBJETO Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El objetivo de los trabajos de consultoría es la elaboración de un estudio de prefactibilidad en el cual se desarrollen los diseños a nivel de Prefactibilidad de los embalses de regulación estacional propuestos los cuales son: Changaral, Quilmo y Ránquil, y que posibilite:

- La puesta en riego de suelos en condición de seco.
- Mejoramiento de seguridad en terrenos actualmente regados, y junto con esto la incorporación de cultivos rentables, en el seco interior y costero de la provincia de Ñuble, VIII Región, garantizando una seguridad del 85 % la disponibilidad del agua para el riego de una superficie potencial de 6.743 hectáreas según datos a nivel de perfil.

## 2. ANTECEDENTES BÁSICOS PARA EL ESTUDIO

### 2.1. ANTECEDENTES DISPONIBLES

Para el desarrollo del estudio se realizó una completa revisión y análisis crítico de los antecedentes disponibles, los cuales abarcaron las siguientes áreas temáticas:

- Catastro de derechos de agua
- Asociaciones de usuarios.
- Estadística Hidrométrica.
- Obras Hidráulicas proyectadas.
- Agricultura de la zona.
- Antecedentes Geológicos y Geotécnicos.

En consultorías anteriores se estudiaron varios documentos, entre los cuales se encuentran los siguientes propuestos por CNR:

- Estudio Catastro de Obras PROM y Plan de Inversiones al 2018; CNR - 2009.
- Estudio de Perfil Construcción Sistema de Riego Changaral; DOH - 2001.
- Estudio de Perfil Sistema de Riego Ránquil; DOH - 2001
- Estudio de Perfil Construcción Sistema de Riego Quilmo; DOH - 2001.
- Estudio Integral de riego Proyecto Itaca; EDIC - 1994
- Riego para el Secano Interior - Provincia de Ñuble. Embalse Changaral; Fernando Herrera R-2001
- Estudio de Factibilidad y Diseño del Mejoramiento del Canal Bío Bío Sur; AC Ingenieros - 1998.
- Proyecto Itata, estudio hidrológico y situación actual agropecuaria; PROITATA, Asoc. de Profesionales -1992.

Para el estudio de derechos de agua, el objetivo de los trabajos fue determinar la existencia de derechos de aprovechamientos de aguas, de carácter consuntivos y no consuntivos en los cauces naturales, ubicados en las áreas de riego que se beneficiaran con la construcción de los eventuales embalse. En particular, respecto del “Embalse Changaral”, los cauces naturales Río Changaral y Estero Verquico, del “Embalse Ránquil”, los cauces naturales Estero Ránquil y Estero Pirihuín; y del “Embalse Quilmo”, el cauce natural Estero Quilmo y Estero Lluanco.

Adicionalmente, se requirió conocer sobre la existencia de Organizaciones de Usuarios existentes en los cauces naturales ya referidos. Para esto se revisaron todas las inscripciones de derechos constituidos, en los Conservadores de Bienes Raíces competentes de cada una de las futuras zonas de riego señaladas. En efecto, los Conservadores de Bienes Raíces competentes en estos casos, son respectivamente, los Conservadores de Bienes Raíces de Chillan, de Coelemu y de San Carlos, para los Embalses Quilmo, Ránquil y Changaral.

Se efectuó además, un análisis y revisión de los antecedentes aportados por la Dirección General de Aguas, en relación al Catastro Público de Aguas del mismo Servicio, respecto a la existencia de

derechos de aprovechamientos de aguas consuntivos y no consuntivos en los cauces naturales, ubicados en las áreas de riego que se beneficiaran con la construcción de los eventuales embalses; existencia de Organizaciones de Usuarios; solicitudes de regularización, en virtud del artículo 2° Transitorio del Código de Aguas; y solicitudes en trámite de constitución de nuevos derechos de aprovechamiento de aguas, tanto de ejercicio consuntivo o no consuntivo; en la áreas ya referidas.

Las conclusiones del Estudio de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas fueron:

- Derivado del presente estudio, es posible desprender como consecuencia lógica, en virtud de lo analizado tanto en los Registros de Propiedad de Aguas de los Conservadores de Coelemu, San Carlos y Chillan, como de la información proporcionada por parte de la Dirección General de Aguas, que no existen derechos de aprovechamientos no consuntivos constituidos en la zona de riego de los Embalses Ránquil, Changaral y Quilmo que pudieran afectar la construcción de estos mismos.
- Con respecto a las Organizaciones de Usuarios, es necesario señalar que en virtud de la información proporcionada por la Dirección General de Aguas, en los causes consultados sólo existen la Junta de Vigilancia del Río Ñuble y la Junta de Vigilancia del Río Chillán, y habiendo estudiado los estatutos de ambas organizaciones es posible desprender que ninguna presenta un impedimento para la construcción de Embalses Ránquil, Changaral y Quilmo.
- En relación a las solicitudes en trámite ante la Dirección General de Aguas, es posible hacer presente que la cantidad de derechos solicitados en total no son impedimento para la construcción de los Embalses Ránquil, Changaral y Quilmo.
- Asimismo se puede concluir que no existen derechos de aprovechamientos no consuntivos constituidos en la zona de riego de los Embalses Ránquil, Changaral y Quilmo a favor del fisco a través de la DOH.

## 2.2. TRABAJOS DE TERRENO

Para el desarrollo del estudio se realizaron trabajos en terreno enfocadas a la ejecución de prospecciones en los sitios de presa propuestos para el análisis de alternativas, levantamientos topográficos y campañas de terreno para el desarrollo de las encuestas de caracterización de la agroeconomía de la zona.

En la Tabla 2-1 se pueden observar los Trabajos de Terreno geotécnicos realizados.

**Tabla 2-1. Resumen trabajos de geotecnia**

Fundación Presa	Zona Inundación	Empréstitos	Canales
Realización de 3 sondajes mecánicos con extracción de testigo en la zona del cauce y en los empotramientos de la presa	Realización de 13 calicatas de entre 4 y 6 m de profundidad	Realización de 17 calicatas de entre 4 y 6 m de profundidad, en tres zonas propuestas	Realización de 17 calicatas de hasta 2 m de profundidad
Realización de 2 calicatas de 4 y 6 m de profundidad		Realización de 4 perfiles sísmicos en las tres zonas propuestas	
Realización de 1 perfil sísmico en las zona de muro	Realización de 5 ensayos de permeabilidad Matsuo	Realización de 8 sondajes eléctricos verticales (SEV) repartidos en las tres zonas propuestas	
Realización de 4 sondajes eléctricos verticales (SEV)			

Los trabajos topográficos realizados corresponden a los siguientes:

- Construcción de PRs en la zona de ubicación del muro y en la zona de riego.
- Poligonal Geodésica de PRs.
- Nivelación de PRs.
- Levantamientos topográficos.
- Realizar el levantamiento Aerofotogramétrico a escala 1:2.000 de la zona de ubicación del embalse y 1:5.000 de la zona de riego, a partir del nuevo vuelo Aerofotogramétrico escala 1:8.000 y 1:20.000.

Los trabajos de campo para el estudio agroeconómico fueron e Encuestas simples agropecuarias, Estudios de casos, recorrido y análisis de todos los predios, reportaje fotográfico y monitoreo de calidad de agua.



**Fotografía 2-1. Encuestas agrícolas**



**Fotografía 2-2. Encuestas agrícolas**



**Fotografía 2-3. Interior de una calicata.**



**Fotografía 2-4. Sondeo en la zona de fundación de la presa**

### 3. DEFINICIÓN Y VALORACIÓN PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS DE EMBALSE

Como resultados de todo el análisis que se realizó, se estableció que el embalse que presenta mejores ratios técnico-económicos de los tres y por lo tanto mejores condiciones para continuar con su estudio de prefactibilidad finalizada la etapa 2, fue el correspondiente al localizado en el estero Quilmo

Los otros dos embalses analizados, Changaral y Ránquil, presentaron una serie de **desventajas**, entre las que destacaba su **rentabilidad económica**, así como otros aspectos técnicos, que cuestionaron e inhabilitaron su continuidad en el estudio de prefactibilidad.

**Fotografía 3-5. Fotografía del vaso de inundación tomada hacia aguas arriba del estero Quilmo. En azul se ilustra la ubicación estimada del nivel de aguas del embalse.**



Fotografía 3-6. Depósitos fluviales antiguos (Q1fa) en el entorno del estribo izquierdo de la presa de Quilmo.



#### **4. ESTUDIOS BÁSICOS**

La zona afectada en el estudio de prefactibilidad corresponde al tramo del valle del estero Quilmo comprendido entre 500 m aguas arriba del cruce con la carretera N 59 Q entre las poblaciones de Chillan y Pemuco, hasta 5 km aguas arriba del estero. Esta franja se ubica en la zona Vulcanosedimentaria central del sur de Chile, en la unidad morfoestructural correspondiente a la Depresión Central, la cual incluye potentes series volcanosedimentarias en la cual se emplazan las obras de embalse estudiadas.

Los materiales existentes en la zona de estudio consisten mayoritariamente en suelos sedimentarios y volcanosedimentarios de la Fm. Mininco (Mioceno Plioceno).

Los materiales que componen la Formación Mininco se presentan en una estructura de subhorizontal a horizontal, en donde no se aprecian signos de fracturación y/o deformación. Dicha unidad fue dividida en el presente trabajo en dos miembros: uno inferior con predominancia de depósitos detríticos que incluyen areniscas arcillosas y arenas medias y finas. El miembro superior estaría formado por niveles más cohesivos con presencia de limolitas, limos y arcillas con fracción arenosa en distintas proporciones.

El relleno sedimentario del valle del estero Quilmo consiste en materiales de origen fluvial, coluvial y aluvial. Los depósitos fluviales están constituidos por, limos, arenas y gravas, asociados al cauce actual y paleocauces del estero, esto último evidenciado por la presencia de terrazas fluviales formadas cuando el río escurría a cotas más altas. Los depósitos coluviales consisten en gravas limosas y arenosas, ripios y bloques angulares a subangulares, los cuales se encuentran ubicados al pie de las laderas del valle. Los materiales de origen aluvial consisten en gravas y arenas, en una matriz limoarenosa, los cuales están relacionados con flujos de detritos generados a lo largo de los tributarios que descargan al valle del estero Quilmo.

Hidrorgeológicamente, se ha podido constatar la instalación un acuífero multicapa en los depósitos de la Formación Mininco, aprovechando los niveles granulares existentes.

Dado los suave de los relieves del valles, no se han observadoremociones en masa en las laderas del embalse.

##### **4.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO**

###### **Sitio de presa**

La caracterización geotécnica del sitio en estudio, permitió obtener los antecedentes principales que se resumen a continuación:

En las calicatas excavadas sobre el eje del muro de presa, se detectó 0,50 de profundidad, suelo vegetal y hasta 4,00 m, gravas y limos que corresponden a depósitos fluviales. Por debajo de los anteriores aparecen gravas y arenas más consolidadas correspondientes al fluvial antiguo.

De la información obtenida de la geología superficial, se desprende que en la ladera derecha existiría una unidad de suelo coluvial tapizando a los fluviales antiguos que a modo de terrazas se disponen a lo largo de las laderas del sitio del muro. En la ladera izquierda, los niveles de gravas del fluvial antiguo afloran a lo largo de toda la ladera con espesores de hasta 6 m. Por debajo de estos depósitos, se encontraría los materiales de la Formación Mininco, que consideramos como suelos muy consistentes y puntualmente como rocas muy blandas, no alcanzando la categoría de macizo rocoso sensu stricto. El espesor de estos materiales es muy elevado habiéndose establecido espesores superiores a los 100 m.

El muro podrá fundarse sobre los niveles de detríticos del fluvial antiguo, anclando el núcleo central del muro en los niveles impermeables de los suelos consistentes de la formación Mininco. Debe considerarse la impermeabilización de los niveles detríticos de la formación Mininco, que aumentan a partir de los 15 m de profundidad, hasta alcanzar los 30 m. aproximadamente. Se considera por tanto un primer paquete superior de 15 m de muy baja permeabilidad y un segundo paquete inferior con una mayor permeabilidad. Intercalados en ambos paquetes pueden aparecer "lentejones" granulares de mayor permeabilidad que deberán ser igualmente impermeabilizados.

El vaso de inundación afectará fundamentalmente a los materiales de la unidad mio-pliocena de la formación Mininco, que aparecen cubiertos por suelos cuaternarios.

### **Canales Matrices**

Se estima que mayoritariamente los suelos a excavar corresponden a depósitos aluviales y coluviales, fácilmente excavables con medios mecánicos convencionales, así como a los materiales de la formación Mininco.

Debido a las características topográficas y geológico-geotécnicas de las distintas áreas sobre las que se desarrollan los canales, se prevé su revestimiento en algunas zonas. Además, la existencia de aguas subterráneas próximas a la superficie del terreno, harían necesario el planteamiento de un sistema de drenaje bajo estos revestimientos, con el fin de evitar posibles subpresiones.

### **Empréstitos**

Se identificaron 3 posibles zonas de empréstitos y 2 áreas potenciales, de las que podrían obtenerse más de 3 Hm<sup>3</sup> de materiales aptos para la construcción del muro de presa proyectado.

## **4.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO**

En el estudio hidrológico se realiza un análisis estadístico previo de los datos, que incluye tanto la información pluviométrica como fluviométrica utilizada. Se incluye el concepto de caudal ecológico de acuerdo a la legislación vigente.

En el ámbito del trabajo existen tanto estaciones pluviométricas como fluviométricas disponibles y válidas de acuerdo con el análisis de las mismas realizado.

En cuanto a los datos fluviométricos, se realiza el análisis para el extendido de los datos, efectuando un extenso y detallado estudio de correlaciones tanto con otras estaciones fluviométricas como con estaciones pluviométricas, estudiando mensualmente la idoneidad del ajuste en cada caso. Como resultado del estudio se efectúa el completado y extendido de la serie de datos fluviométricos mensuales de forma que se dispone de información hasta el año 2013.

Se realizan los correspondientes ajustes de las series de datos seleccionadas, que sirven de base para la obtención de caudales e hidrogramas, utilizados en los diseños, cálculos y análisis posteriores.

#### **4.3. ESTUDIO DE RIESGO SÍSMICO**

Los resultados obtenidos, para la condición de sismo de diseño (10% de probabilidad de excedencia en 50 años), constan de valores esperados de intensidad 8,31 MM para sismicidad interplaca, 7,87 MM intraplaca de profundidad intermedia y 3,64 MM para sismicidad cortical. En términos de aceleración máxima horizontal del suelo, se obtuvieron valores esperados de 0,297g, 0,71g y 0,009g para las sismicidades interplaca, intraplaca de profundidad intermedia y cortical respectivamente.

## 5. CARACTERIZACIÓN AGROPECUARIA EN SITUACIÓN ACTUAL.

La situación actual de la agricultura de la zona del Valle del Quilmo es de una agricultura principalmente de secano en la que predominan los rubros extensivos como el trigo y la avena, los pastos y forrajes y algunas chacras y cultivo industrial en menor proporción. La actividad que predomina es la ganadería de tipo extensiva, de tipo vacuno y ovino en su mayoría. Existen otros cultivos actualmente en menor proporción, como son los frutales tipo cerezo, vid y cultivos hortícolas como la lechuga y el tomate, que se cultivan en los pocos predios que disponen de una pequeña dotación de agua anual, bien sea mediante pozos o mediante canales. Una parte importante de los predios de mayor tamaño, debido a la falta de agua están destinados al rubro forestal, principalmente pinos y eucaliptos.

Los tipos de riego que se dan en los pocos predios que disponen de agua son tipo surcos y algo de riego tendido para cultivos extensivos, riego por goteo con pequeñas bombas en algunos predios que disponen de derechos o que están captando directamente del estero.

### 5.1. CLIMA

El clima presente en el área de estudio es óptimo para una gran gama de cultivos, especialmente frutales de hoja caduca, tales como cerezos, nogales, vides viníferas, berries, olivos, etc.

En cuanto a cultivos anuales y hortalizas, en esta zona es posible el cultivo de una amplia gama de especies, tales como trigo, papa, porotos, remolacha, lechuga, tomate y zanahoria, entre otros.

### 5.1. SUELOS

La zona de Riego presenta una proporción de suelos con categorías 2 y 3 de capacidad de uso, con algunas y moderadas limitaciones, del 31% y 40% respectivamente. Estas proporciones hacen una suma del 71% del total de la superficie regable, con capacidades de uso aceptables en la praxis agrícola. Se aportan también las posibles limitaciones que pueden originarse en cada una de estas fases. El resto de suelos presentan unas capacidades con severas limitaciones hasta suelos sin valor agrícola.

La zona de Riego presenta una proporción de suelos con clases de drenaje desde la N°1 hasta la N°6. Siendo la clase 5 la que más superficie abarca, con un 46%, representando una clase de suelo bien drenado, el resto de categorías con drenaje moderado e imperfecto, representan el 17% y 30%, respectivamente. El resto son pequeñas zonas con superficie mínima que representan suelos pobre o muy pobremente drenados.

En general, existe en la zona de riego un 40 % de suelos con aptitudes frutales compuestos por las series con aptitud B y C, las cuales representan ligeras y moderadas limitaciones, con un 31% y 7%, respectivamente. El resto son suelos con severas limitaciones o sin aptitud frutal.

### 5.2. CALIDAD DE LA FUTURA AGUA DE RIEGO

Según los dos muestreos realizados en diferentes épocas del año, los resultados obtenidos en las tres primeras muestras tomadas difieren en algunos parámetros hasta el punto que en la

muestra 1 y en la muestras 2, hay parámetros que superan las concentraciones máximas permitidas, pero en ambos casos el pH y la conductividad específica alcanzan valores correctos.

Los resultados obtenidos en las tres segundas muestras tomadas los parámetros en porcentaje de sodio, superan los valores de referencia máximos permitidos, pero en ambos casos el pH y la conductividad específica alcanzan valores correctos.

Solamente los resultados de la muestra 3 dan como conclusión un agua válida para riego, con todos los parámetros en valores aceptables por debajo de lo establecido en la normativa.

Por lo que se concluye que las aguas del estero Quilmo son válidas para el riego y para la vida acuática.

### 5.3. SECTORIZACIÓN

La zona de riego que se propone regar con seguridad será abastecida desde la red de canales que tendría su origen en la toma al pie del embalse futuro, el cual se instalaría en el Estero Quilmo, afluente del Río Chillán, el cual desemboca en el Río Ñuble.

La sectorización futura se contemplaría para un riego gravitatorio, independientemente del uso futuro del agua que cada usuario pueda ejercer en el predio. Por tanto, todo el diseño de la red extrapredial, tanto de canales matrices como derivados, está pensado para un riego por gravedad.

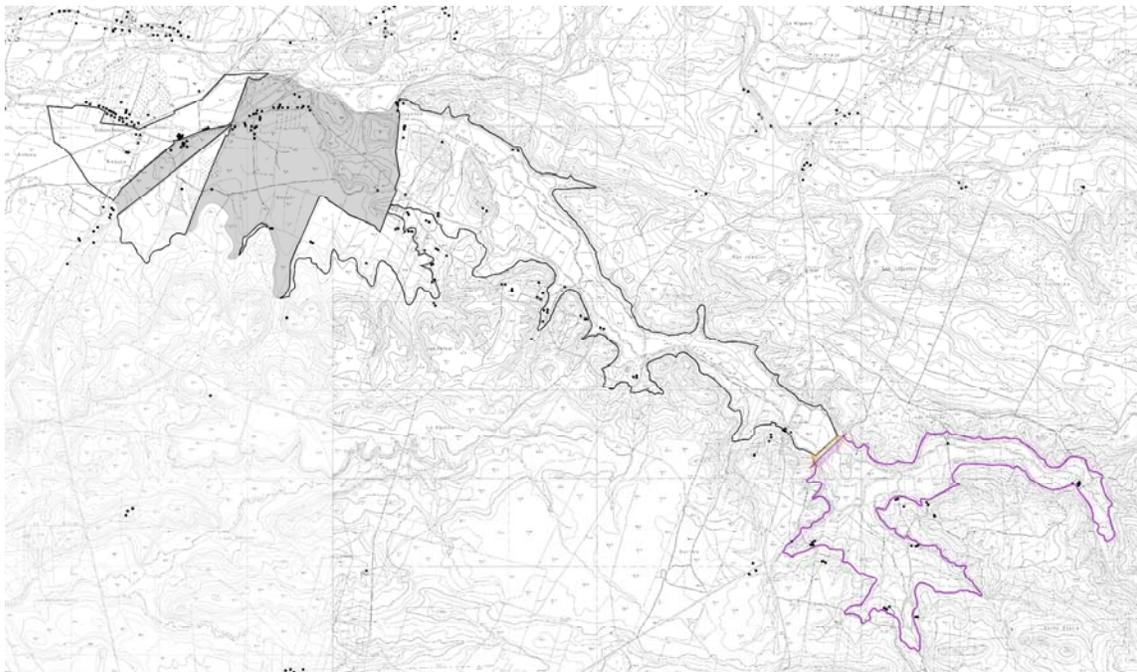
Se ha decidido contemplar un único sector de riego por varios motivos:

1. **CLIMAS:** Uniformidad en los climas que se dan en la zona: Según el Atlas Agroclimático nos encontramos con dos tipos de distritos, los cuales tienen valores algo parecidos en cuanto a ETo y déficit hídrico. No obstante el distrito que ocupa la mayor parte de la superficie de riego, el 87.2, siendo el que se ha tomado como referencia para los cálculos del conjunto del sector previsto, pues tiene los valores más restrictivos.
2. **TIPOS DE SUELOS:** En cuanto a la distribución de los tipos de suelos, no existe una diferenciación clara por sectores, dentro de la superficie futura de riego, en cuanto a capacidades de uso, aptitud frutal, capacidad de drenaje, etc., de las series de suelos existentes.
3. **OPERATIVIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO:** La repercusión económica que supone la diferenciación de secciones en la futura red de canales, es muy baja, por lo que se propuso una misma sección de canal para toda la red desde la toma del embalse, en cada brazo a izquierda y derecha de la margen del estero. Asimismo, el diseño del canal riego está pensado para el riego a la demanda del total de la superficie, independientemente de la elección de regar por turnos por la que opte la futura organización de usuarios o junta de canalistas del embalse.

Se propone el diseño de un solo sector de riego que contempla una superficie bruta regable con seguridad, que puede llegar a las 735,3Ha en total. . Esta superficie corresponde a la superficie total de riego del estudio, en la que se contempla la superficie susceptible de ser regada de regada de forma gravitatoria. Esta superficie de 735,3 corresponde a 3.718,6 ha si se contempla la superficie total de cada uno de los predios que están beneficiados por la futura red de riego.

A continuación se expone una imagen donde se puede ver la red zona regable y el embalse futuros, así como los predios sombreados que no entran en el estudio por tener derechos de aguas del Chillán o ser de carácter urbano/industrial u otro uso no agrícola.

**Figura 5-3. Mapa de Sectorización de la Red de Riego del Estero Quilmo y ubicación del futuro Embalse**



#### **5.4. ESTRATIFICACIÓN DE LA PROPIEDAD**

La estratificación de la propiedad se realizó con el objeto de analizar y representar de la mejor forma la encuesta muestral y el posterior diagnóstico de las situaciones actual, sin proyecto y futura o con proyecto y obtener a partir de ella los Estudios de Casos representativos de cada sector en estudio.

Se consideró la siguiente estratificación, según la experiencia que posee el consultor y con el consenso de CNR:

- Sitios, Minifundios y Subfamiliar: Representa a predios entre 0,00 y 3,0 ha., con niveles bajos de tecnificación.
- Pequeño agricultor: Representa a predios entre 3,01 y 12,0 Ha. Presentan un ligero aumento de nivel tecnológico que el grupo anterior, llegando a niveles bajos y medios.
- Mediano: Representa a predios entre 12,01 ha y 50,0 Ha., con niveles de tecnificación bajos y medios.
- Grande: Representa a predios entre 50,01 y 100,0 Ha., con niveles de tecnificación medios y altos.
- Muy Grande: Representa a predios mayores de 100,0 Ha., con niveles de tecnificación medios y altos.

Previamente se determinaron los subestratos de tamaño, los Predios Promedio y las respectivas superficies por Predio Promedio y a expandir. Junto con lo anterior se determinó el número de predios que representa cada Predio Promedio. Esto se presenta en la Tabla 5-2 para el total del sector de riego de Quilmo.

**Tabla 5-2. Distribución de la Superficie y Número de Predios por Sector**

ESTRATO	NIVEL TÉCNICO	Nº DE PREDIOS			SUPERFICIE (ha)	
		ENCUESTADO		AJUSTADO	PREDIO PROMEDIO	PREDIO EXPANDIDO
		Nº	%	Nº		
0 - 3 ha	BAJO	4,00	1,00	4,00	1,57	6,30
<b>Total Estrato 0- ha</b>		<b>4,00</b>	<b>1,00</b>	<b>4,00</b>	<b>1,57</b>	<b>6,30</b>
3 - 12 ha	BAJO	8,00	0,73	8,00	8,10	64,76
3 - 12 ha	MEDIO	3,00	0,27	3,00	8,10	24,29
<b>Total Estrato 3,01-12 ha</b>		<b>11,00</b>	<b>1,00</b>	<b>11,00</b>	<b>16,19</b>	<b>89,05</b>
12 - 50 ha	BAJO	13,00	0,72	13,72	27,92	383,07
12- 50 Ha	MEDIO	5,00	0,28	5,28	27,92	147,33
<b>Total Estrato 12,01 - 50 ha</b>		<b>18,00</b>	<b>1,00</b>	<b>19,00</b>	<b>55,83</b>	<b>530,40</b>
50 - 100 Ha	MEDIO	3,00	0,60	3,00	67,38	202,15
51 - 100 Ha	ALTO	2,00	0,40	2,00	67,38	134,77
<b>Total Estrato 50,01 - 100 ha</b>		<b>5,00</b>	<b>1,00</b>	<b>5,00</b>	<b>134,77</b>	<b>336,91</b>
> 100 Ha	MEDIO	8,00	0,67	8,00	229,66	1.837,31
> 100 Ha	ALTO	4,00	0,33	4,00	229,66	918,65
<b>Total Estrato &gt;100 ha</b>		<b>12,00</b>	<b>1,00</b>	<b>12,00</b>	<b>459,33</b>	<b>2.755,96</b>
<b>Total Sector Quilmo</b>		<b>50,00</b>		<b>51,00</b>		<b>3.718,62</b>

## 5.5. DIAGNÓSTICO SITUACIÓN ACTUAL

Posteriormente, se obtuvo la estructura de cultivos para cada uno de los sectores presentados anteriormente. En la Tabla 5-3 se presenta el uso actual para el total del área en estudio.

Tabla 5-3. Uso actual cultivos por superficies

ZONAS PREDIOS QUILMO	
USO TIERRA	SUPERFICIE (Ha)
CEREAL	53,94
TUBERCULOS	0,04
LEGUMINOSAS	0,04
HORTÍCOLA	11,77
PASTOS Y FORRAJES	298,75
VID	14,46
CEREZO	3,49
FORESTAL	183,88
SUP NO CULTIVADA	104,74
<b>SUBTOTAL</b>	<b>671,11</b>

Según la estratificación planteada la distribución de cultivos de forma general es la siguiente:

- Sitios, Minifundios y Subfamiliar: Predios que se dedican esencialmente al cultivo de hortalizas y predios no cultivados.
- Pequeño agricultor: Predios que se dedican básicamente al cultivo de hortalizas, pastos, algún frutal y aprovechamiento forestal.
- Mediano: Predios de cereales, pastos, hortalizas y aprovechamiento forestal.
- Grande: Estos predios se dedican esencialmente a la ganadería, pastos, cereales, aprovechamiento forestal, algo de hortalizas y algo de frutales.
- Muy Grande: Estos predios se dedican fundamentalmente a la ganadería, pastos, cereales, algunos cultivos tipo papa y poroto y aprovechamiento forestal, Algunos de estos predios son sólo forestales.

La demanda potencial de agua de riego para el total del área de estudio alcanza a los 5.016.652,87 m<sup>3</sup> anuales, con un mes de máxima demanda en diciembre con 1.093.209,09 m<sup>3</sup>/mes, para cultivos como los cereales, tubérculos, leguminosas, hortícolas, vid, cerezo y grandes extensiones de pastos y forrajes

## 5.6. SITUACIÓN SIN PROYECTO

La situación sin proyecto, que sirve de base para la evaluación económica del proyecto, se ha definido como aquella resultante de un conjunto de acciones tendientes a efectuar cambios en la actividad agropecuaria del área, sin la realización de las obras planteadas en el proyecto de riego. Este proceso será planteado y desarrollado dentro de un Programa de Asistencia Técnica y Transferencia Tecnológica. Se debe señalar que la situación sin proyecto consiste en un mejoramiento de la situación actual con recursos que no superan el 5% de las inversiones efectuadas en la situación con proyecto.

Para poder representar adecuadamente la situación sin proyecto no se han considerado diferencias a nivel del tamaño predial, debido a que prevalece la importancia de los niveles tecnológicos por sobre el tamaño. De esta forma se espera que ésta se concrete en un plazo no superior a los siete años en aquellos predios de nivel tecnológico alto, en un plazo de ocho años en predios de nivel medio y en diez años en predios de nivel tecnológico bajo.

**Figura 5-4. Pastos y praderas en predios con aprovechamiento ganadero y nivel tecnológico bajo**



**Figura 5-5. Predios de cultivos herbáceos y hortícolas y nivel tecnológico bajo-medio**



Las principales mejoras se reflejan en los cultivos más rentables y que ocupan menos superficie como las hortícolas y los frutales. El resto de cultivos como los forestales, y extensivos como los pastos y forrajes, y cereales no son susceptibles de mejora. Las principales mejoras se traducen en un ligero aumento de la producción de los cultivos en los que se actúa, resultando las siguientes cifras de incremento productivo que exponen en la tabla 5-4:

**Tabla 5-4. Rendimientos en SA y SAO**

RESUMEN CAMBIOS PRODUCTIVOS				
Rubro Productivo		CAMBIA	RENDIMIENTO	
			SA	SAO
<b>REGADÍO</b>				
<b>Cultivos y Hortalizas</b>				
	Tomate	SI	18 qqm	20 qqm
	Lechuga	SI	4200 ud/ha	5100 ud/ha
	Papa	SI	180 qqm/ha	190 qqm/ha
	Poroto	SI	18 qqm/ha	21 qqm/ha
<b>Frutales y Vides</b>				
	Vid Cepa pais (plena producción)	SI	1 Tn/ha	3 Tn/ha

Con el objeto de proporcionar apoyo directo y constante a los agricultores beneficiados por el presente programa, sería necesario instalar una oficina central en la localidad de Chillán Viejo. El programa está dirigido a la totalidad de los agricultores que componen la zona de riego del presente proyecto.

## 5.7. SITUACIÓN CON PROYECTO O FUTURA

Como resultado de los cambios que se producirían con la construcción del embalse en la infraestructura agrícola del Valle del Quilmo, principalmente se observaría un aumento de producción en los cultivos que se mantienen y en la implantación de otros cultivos más rentables que se adherirían al conjunto de rubros que se podrían desarrollar en el Valle.

Se considera un cambio profundo en la estructura productiva del área de estudio reemplazando una superficie importante de cultivos tradicionales por alternativas de especies o variedades de mayor rentabilidad.

Las especies frutales a implementar son las mismas que ya se encuentran actualmente en el área de estudio en una parcela con derechos de agua y que se riega como la vid vinífera y el cerezo, con similares variedades a las actuales y otras de mayor rentabilidad asociadas a riego tecnificado. Otras especies como el arándano o la frambuesa, demuestran buenos resultados productivos y de comercialización para la zona bajo un escenario de riego, por lo que se incorporan a la situación con proyecto representando el rubro otros frutales.

Con el objeto de comparar el cambio de la situación actual a futura se presentan la Tabla 5-5, en donde se aprecia los incrementos de superficie regada entre ambas situaciones por sector y total área.

**Tabla 5-5. Uso futuro de la tierra y comparativa entre Situación Actual y Futura.**

USO DEL SUELO SCP		COMPARACION USO SUELO			
		SA	SCP	DIFERENCIA	DIFERENCIA
		SUP	SUP	ha	%
<b>REGADÍO</b>					
<b>Cultivos y Hortalizas</b>					
	Trigo invierno	0,00	14,76	14,76	100,00%
	Papa	0,04	14,76	14,73	99,74%
	Poroto	0,04	14,76	14,73	99,74%
	Remolacha	0,00	23,49	23,49	100,00%
	Tomate	0,39	41,68	41,29	99,06%
	Lechuga	0,39	43,69	43,30	99,11%
	Espárrago	0,00	47,04	47,04	100,00%
	Melón	0,00	40,33	40,33	100,00%
	Otras hortícolas	10,99	40,27	29,28	72,71%
<b>Frutales y Vides</b>					
	Arándanos	0,00	47,04	47,04	100,00%
	Cerezo	3,49	46,98	43,48	92,56%
	Frambuesa	0,00	40,27	40,27	100,00%
	Avellano	0,00	53,69	53,69	100,00%
	Nogal	0,00	53,69	53,69	100,00%
	Vid cepa país	3,11	7,24	4,13	57,06%

USO DEL SUELO SCP		COMPARACION USO SUELO			
		SA	SCP	DIFERENCIA	DIFERENCIA
		SUP	SUP	ha	%
	Vid cepa fina	11,36	28,68	17,33	60,41%
<b>Forrajeras</b>		14,01	9,40	-4,61	-49,08%
<b>Pradera bovino</b>		0,00	10,37	10,37	100,00%
<b>Pradera ovino</b>		0,00	4,70	4,70	100,00%
<b>Pradera mixto</b>		0,00	3,36	3,36	100,00%
<b>Total regadío</b>		<b>43,81</b>	<b>586,20</b>	<b>542,39</b>	<b>92,53%</b>
<b>SECANO</b>					
	Trigo invierno	43,95	0,00	-43,95	0,00%
	Avena	9,99	0,00	-9,99	0,00%
	Pradera bovino	251,44	0,00	-251,44	0,00%
	Pradera ovino	30,06	0,00	-30,06	0,00%
	Pradera mixto	3,24	0,00	-3,24	0,00%
	<b>Total secano</b>	<b>522,56</b>	<b>39,95</b>	<b>-482,61</b>	<b>-1208,14%</b>
<b>TOTAL CULTIVABLE</b>		<b>566,37</b>	<b>626,15</b>		
<b>NO CULTIVABLE</b>		<b>104,74</b>	<b>44,96</b>		
<b>TOTAL ÁREA</b>		<b>671,11</b>	<b>671,11</b>		

De la Tabla 5-5 se deduce un incremento en la superficie regada de alrededor de 542 ha que en situación actual se encontraban en seco o sin uso. La propuesta futura intensifica el cultivo de frutales, hortalizas y ganadería en desmedro del cultivo de cereales de baja rentabilidad. En el caso de las praderas, se disminuye la superficie de praderas naturales y se incrementa el cultivo de especies de mayor productividad y calidad.

En la determinación de la transición entre la situación actual y futura, en el caso específico de las nuevas plantaciones de frutales, para los predios de nivel bajo se consideró un período de establecimiento de ocho años, con nivel medio en seis años y predios de nivel alto en un total de cinco años.

Además del período de establecimiento y de puesta en riego, se consideró la curva natural de producción asociada a la edad y que contempla distintos costos e ingresos, según su entrada en producción y período de estabilización. Así, período de estabilización se produce en frambuesa, espárrago y vid vinífera al 5º año; arándano y cerezo al 8º año y en avellano y nogales al 9º año.

Por otra parte, la determinación del período de transición entre situación actual y futura para especies anuales en la actualidad, considera curvas de gradualidad distintas dependiendo del nivel tecnológico.

De esta forma se procedió, en primer lugar, a elaborar la gradualidad porcentual para diferentes aspectos que intervienen en la transición del proyecto. Es así que tanto el período de puesta en riego como el establecimiento de los cultivos se efectuará en no más de ocho años para los

predios con nivel técnico bajo, seis años para predios de nivel medio y en cinco años en predios de mayor nivel.

Cabe señalar que en el caso de la actividad ganadera, se consideró para la totalidad de los estratos de tamaño y niveles tecnológicos un período de estabilización de diez años, debido a que se tendrá que presurizar la mayor parte de las praderas y forrajes asignados.

La demanda potencial de agua de riego para el total del área de estudio alcanza a los 2.798 m<sup>3</sup>, con un mes de máxima demanda en enero con 846 m<sup>3</sup>/mes.

Con el objeto de comparar el cambio de la situación actual a futura se presenta la Tabla 5-6, en donde se aprecia los incrementos de los márgenes entre ambas situaciones por sector y total área.

En relación a la situación actual comparada con la situación futura, se produce un incremento de beneficios para el área total superiores al 1000% debido a la poca superficie dedicada a cultivos de alta rentabilidad en la actualidad, causado sobre todo por la poca disponibilidad de agua.

**Tabla 5-6. Comparación márgenes brutos Situación Actual y Situación Con Proyecto. Predio promedio Expandido Ajustado Total Área.**

USO DEL SUELO	SUP (ha)	PREDIOS PROMEDIO EXPANDIDO Y AJUSTADO. PRECIOS MERCADO			PREDIOS PROMEDIO EXPANDIDO Y AJUSTADO. PRECIOS SOCIALES		
		SIT CON PROYECTO	SIT ACTUAL	DIFERENCIAL	SIT CON PROYECTO	SIT ACTUAL	DIFERENCIAL
<b>REGADÍO</b>							
<b>Cultivos y Hortalizas</b>							
Trigo invierno	13,76	\$ 25.344.008,80	\$ 20.611.098,58	\$ 4.732.910,22	\$ 26.620.649,75	\$ 20.610.971,35	\$ 6.009.678,41
Papa	16,12	\$ 243.865.483,36	\$ 528.908,61	\$ 243.336.574,75	\$ 276.388.582,20	\$ 673.270,25	\$ 275.715.311,95
Poroto	15,33	\$ 69.030.705,62	\$ 157.262,02	\$ 68.873.443,60	\$ 77.556.458,97	\$ 203.737,22	\$ 77.352.721,75
Remolacha	27,14	\$ 107.135.381,43	\$ 0,00	\$ 107.135.381,43	\$ 113.376.235,60	\$ 0,00	\$ 113.376.235,60
Tomate	39,31	\$ 577.121.103,00	\$ 457.129,00	\$ 576.663.974,00	\$ 663.751.186,56	\$ 575.893,64	\$ 663.175.292,92
Lechuga	53,60	\$ 874.034.936,73	\$ 867.439,76	\$ 873.167.496,98	\$ 997.796.160,83	\$ 867.439,76	\$ 996.928.721,08
Espárrago	50,45	\$ 1.162.439.833,49	\$ 0,00	\$ 1.162.439.833,49	\$ 1.316.222.061,22	\$ 0,00	\$ 1.316.222.061,22
Melón	43,61	\$ 485.799.626,36	\$ 0,00	\$ 485.799.626,36	\$ 562.296.729,43	\$ 0,00	\$ 562.296.729,43
Otras hortalizas	42,66	\$ 638.287.167,39	\$ 49.042.000,51	\$ 589.245.166,89	\$ 735.701.097,17	\$ 67.371.115,07	\$ 668.329.982,10
<b>Frutales y Vides</b>							
Arándanos	43,67	\$ 1.234.295.878,82	\$ 0,00	\$ 1.234.295.878,82	\$ 1.734.378.166,01	\$ 0,00	\$ 1.734.378.166,01
Cerezo	39,44	\$ 2.520.141.877,97	\$ 72.299.197,06	\$ 2.447.842.680,90	\$ 3.165.464.159,97	\$ 92.569.358,54	\$ 3.072.894.801,43
Frambuesa	37,94	\$ 263.591.759,52	\$ 0,00	\$ 263.591.759,52	\$ 606.737.358,52	\$ 0,00	\$ 606.737.358,52
Avellano	64,13	\$ 790.621.977,08	\$ 0,00	\$ 790.621.977,08	\$ 843.027.241,64	\$ 0,00	\$ 843.027.241,64
Nogal	64,13	\$ 2.091.545.183,34	\$ 0,00	\$ 2.091.545.183,34	\$ 2.170.421.065,36	\$ 0,00	\$ 2.170.421.065,36
Vid cepa país	2,07	\$ 17.093.099,83	\$ 15.402,87	\$ 17.077.696,96	\$ 19.244.652,00	\$ 208.972,70	\$ 19.035.679,30
Vid cepa fina	19,77	\$ 219.042.659,49	\$ 33.696.162,04	\$ 185.346.497,45	\$ 335.828.074,98	\$ 51.661.704,89	\$ 284.166.370,09
<b>Forrajas</b>	5,55	\$ 21.500.185,13	\$ 3.842.235,39	\$ 17.657.949,74	\$ 22.065.543,02	\$ 4.414.546,16	\$ 17.650.996,87

USO DEL SUELO		SUP (ha)	PREDIOS PROMEDIO EXPANDIDO Y AJUSTADO. PRECIOS MERCADO			PREDIOS PROMEDIO EXPANDIDO Y AJUSTADO. PRECIOS SOCIALES		
			SIT CON PROYECTO	SIT ACTUAL	DIFERENCIAL	SIT CON PROYECTO	SIT ACTUAL	DIFERENCIAL
Pradera bovino		10,79	\$ 16.544.545,70	\$ 280.437.127,82	-\$ 263.892.582,12	\$ 17.331.103,26	\$ 298.915.793,81	-\$ 281.584.690,55
Pradera ovino		1,41	\$ 1.592.805,88	\$ 6.739.181,21	-\$ 5.146.375,33	\$ 1.743.578,96	\$ 7.485.271,92	-\$ 5.741.692,96
Pradera mixto		3,03	\$ 4.399.264,85	\$ 1.536.232,34	\$ 2.863.032,52	\$ 4.501.890,95	\$ 1.581.253,06	\$ 2.920.637,89
<b>Total regadío</b>		<b>593,90</b>	<b>\$ 11.363.427.483,79</b>	<b>\$ 470.229.377,21</b>	<b>\$ 10.893.198.106,58</b>	<b>\$ 13.690.451.996,40</b>	<b>\$ 547.139.328,35</b>	<b>\$ 13.143.312.668,05</b>

Se debe señalar que para cumplir el cambio necesario desde Situación Actual a Situación Con Proyecto se consideró un programa de fortalecimiento y de aplicación tecnológica por 8 años. Se implementará un total de cinco parcelas demostrativas de 200 m<sup>2</sup> cada una. Estas unidades de validación estarán ubicadas en las propiedades de los agricultores beneficiados; una de ellas se utilizará en el entrenamiento permanente en métodos de riego.

La implantación de las parcelas demostrativas se harán en predios de características normales del Valle y que tengan buen acceso para facilitar ser visitadas por todos los agricultores de la comunidad. Con objeto de complementaria a las jornadas de campo se entregarán a los beneficiarios del programa, boletines informativos en los días de campo y se mostrarán videos que muestren el avance del programa y su evolución en el tiempo.

### **5.8. MANO DE OBRA**

Un aspecto importante a destacar es la generación de mano de obra agrícola en un escenario con proyecto versus la situación actual optimizada.

Los tipos de mano de obra analizados en el Proyecto corresponden a trabajadores permanentes, familiares permanentes y temporales, todos por género.

Indudablemente la puesta en valor añadido de una zona de secano en regadío, mejora de manera importante la demanda de empleo, sirviendo además no sólo para fijar y aumentar la demanda de empleo permanente, sino también para efecto llamada de nuevos empleos temporales que mejoren la calidad de vida de los habitantes del Valle del Quilmo.

La mano de obra temporal y permanente, en Situación Sin proyecto posee una mayoría clara del género masculino frente al femenino con un 91 % - 9 % y del 88% frente al 12%, respectivamente.

En situación Sin proyecto, si se desagrega entre personal permanente externo y familiar, en hombres se equilibra la balanza entre un 44% de personal contratado permanente y un 44% de personal familiar. En mujeres no existe otra forma de contratación más que la permanente familiar, que representa el 13% del total de las mujeres que trabajan en los predios.

El balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Sin proyecto y la Situación Con Proyecto, en el cual destaca el crecimiento anual llegando a un máximo que prácticamente triplica la mano de obra permanente actual.

El crecimiento del empleo femenino es bastante importante, sobre todo en lo que se refiere al permanente, que este si se triplica, respecto a lo obtenido en la Situación Sin Proyecto.

La mano de obra en la mujer se ve afectada en un aumento de la parte permanente al entrar en juego la mujer de las familias, asentando su trabajo. El aumento en la mano de obra temporal tiene la misma importancia que la permanente, ya que al tratarse una zona donde la actividad

económica no está asentada, en dicho proceso de asentamiento irá aumentando paulatinamente el trabajo permanente frente al trabajo temporal, en los distintos predios.

En la tabla 5-7 se presenta cuadro comparativo de mano de obra en SSP y SCP

**Tabla 5-7. Comparación mano de obra Situación Sin Proyecto y Situación Con Proyecto.**

ESTRATO	HOMBRES SSP				HOMBRES SCP				TOTAL SAO		TOTAL SCP	
	TEMP		PERMA		TEMP		PERMA		TEMP	PERMA	TEMP	PERMA
	TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%				
0-3 Ha	1	100%	1	50%	3	100%	3	50%	1	2	3	6
3-12 Ha	1	100%	2	100%	3	100%	5	100%	1	2	3	5
12-50 ha	2	67%	3	75%	6	75%	7	70%	3	4	8	10
50-100 Ha	3	100%	2	100%	8	100%	5	100%	3	2	8	5
> 100 Ha	3	100%	6	100%	8	100%	14	100%	3	6	8	14
<b>TOTAL ÁREA</b>	<b>10</b>	<b>91%</b>	<b>14</b>	<b>88%</b>	<b>28</b>	<b>93%</b>	<b>34</b>	<b>85%</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>40</b>

ESTRATO	MUJERES SSP				MUJERES SCP				TOTAL SAO		TOTAL SCP	
	TEMP		PERMA		TEMP		PERMA		TEMP	PERMA	TEMP	PERMA
	TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%	TOTAL	%				
0-3 Ha	0		1	50%	0		3	50%	1	2	3	6
3-12 Ha	0		0		0		0		1	2	3	5
12-50 ha	1	33%	1	25%	2	25%	3	30%	3	4	8	10
50-100 Ha	0		0		0		0		3	2	8	5
> 100 Ha	0		0		0		0		3	6	8	14
<b>TOTAL ÁREA</b>	<b>1</b>	<b>9%</b>	<b>2</b>	<b>12%</b>	<b>2</b>	<b>7%</b>	<b>6</b>	<b>15%</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>30</b>	<b>40</b>

## 6. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL, PAC Y TALLERES LEGALES

### 6.1. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

#### LÍNEA BASE

La climatología se caracteriza por ser templada con estación seca intermedia, caracterizada por lluvias frecuentes entre abril y septiembre y periodos secos prolongados.

Dado que no se prevé que el embalse esté lleno más que en períodos cortos y casi nunca en verano se puede vaticinar que los efectos sobre el clima serán casi despreciables.

Los vientos dominantes en la zona son de componente suroeste. Esto indica que los vientos en la zona del embalse y los canales tienen dirección hacia Chillán Viejo, aunque éste se encuentra a más de 3.5 Km.

Respecto a las emisiones sonoras, para la construcción de la presa, la principal afección será en las inmediaciones, ya que a escasos hectómetros de la presa y embalse existen algunos pequeños núcleos de población muy próximos. Las carreteras que pueden verse afectadas por un incremento del tráfico pesado son la N-59-Q, la N-601 y la N-676.

Los materiales presentes en la zona son aptos para la confección del cuerpo de presa, si se adoptan las precauciones en el diseño y se complementan con materiales específicos de otra procedencia, aunque en cantidades moderadas. En el propio vaso del embalse se encuentran varios empréstitos adecuados para varias capas de la presa, aunque podría ser necesario el aporte de materiales de fuera del área de inundación.

Respecto a las tipologías de suelos de la zona regable, unas 700 ha no presentan aptitud para frutales, o con severas limitaciones. Aproximadamente 130 ha tienen una capacidad agrícola baja o muy baja, siendo solo aptas para praderas o zona forestal. Otras 300 ha tienen aptitudes buenas para el cultivo de frutales, aunque con ligeras limitaciones, coincidiendo con las que tienen aptitud agrícola con ligeras limitaciones para todos los cultivos de la zona.

Los suelos presentes en el vaso del embalse tienen, mayoritariamente, moderadas limitaciones en su uso y restringen la elección de cultivos, aunque pueden ser buenas para ciertos cultivos, con humedad excesiva o algún anegamiento continuo después de drenaje. Requieren prácticas moderadas de conservación y manejo y tienen una baja aptitud para frutales.

El caudal medio anual obtenido en el estero es de 2'18 m<sup>3</sup>/s. El caudal de crecidas adoptado para periodos de retorno de 1,000 y 10,000 años es de 275 m<sup>3</sup>/s y 350 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

El caudal ecológico obtenido a partir de las prescripciones del Decreto n° 014, es muy bajo durante casi 5 meses al año, hasta tal punto que el estero aguas abajo de la presa presentaría un aspecto de charcas, sin apenas caudal circulante.

La calidad del agua, en base a las tomas de muestras y analíticas realizadas es apta para riego y para agua destinada a la vida acuática. Las obras de construcción de presa y obras complementarias, así como el sistema de gestión de tomas de agua y desembalses, van a influir notablemente en las características del agua, tanto para riego (tomas de agua) como para la vida acuática (caudal ecológico y desembalses).

No existen áreas protegidas próximas a la zona del embalse ni a la zona de riego. A más de 70 Km al oeste se encuentra la Reserva Nacional Huemeles de Niblinto, así como la Reserva de la Biosfera “Corredor Biológico Nevados de Chillán – Laguna del Laja”. Tampoco se encuentran zonas húmedas de importancia internacional (RAMSAR) en toda la región. La región de BíoBío no alberga ningún enclave perteneciente a la Red de Parques Indígenas Mapu Lahual. De los Sitios prioritarios más cercanos puede destacar los Altos de Ninhue, a 46 Km al noroeste de Chillán.

Se ha registrado un total de 67 taxones de flora, con una predominancia de especies introducidas, lo que refleja el nivel de degradación que posee el piso vegetacional en el que se inserta el área de estudio. Existe una pequeña zona de afección a bosque nativo. Para el caso particular del belloto del sur, se requiere un análisis de su población en toda la extensión del estero Quilmo que se proyecta inundar, debido a que por su categoría de conservación EN PELIGRO, ya que por decreto\* es considerado un Monumento Natural.

La diversidad de especies de vertebrados terrestres concuerda con lo esperado para este tipo de ambientes antropizados principalmente por la agricultura, monocultivos forestales, ganadería y extracción de áridos. La mayoría de las especies encontradas son de amplia distribución, las cuales se han adaptado a vivir en este tipo de ambientes.

- **Reptiles:** En este grupo las cuatro especies registradas se encuentran con alguna categoría de conservación, tanto por el RCE como por el SAG.
- **Aves:** Debido a la gran vagilidad que posee este grupo no debieran verse significativamente afectadas con la implementación de este proyecto.
- **Mamíferos:** Para la zona de las especies descritas potencialmente, ninguna se encuentra en algún estado de conservación.

De los taxa de perifitón presentes las diatomeas representan el grupo con mayor riqueza de especies, no obstante las algas verde azules. es la especie que registró las mayores abundancias dentro de las comunidades algales identificadas. Destaca el hecho la la mayor abundancia de la cianobacteria en una zona, seguramente relacionado por ser un tramo de río muy alterado, donde la gente tira desperdicios.

De los taxa presentes de macroinvertebrados bentónicos es posible indicar que son característicos de este tipo de ecosistemas de aguas con alta carga orgánica y ambientes modificados. Sin embargo hay que tener especial precaución con las especies de baja vagilidad como son los moluscos y crustáceos decápodos de las cuales, las dos especie representantes están catalogadas en algún estados de conservación.

La ictiofauna estudiada se caracteriza por presentar alta diversidad, con una dominancia de las especies nativas sobre las introducidas. Las especies nativas todas presentan algún estado de

conservación, siendo *Percilia irwini* la única especie clasificada como en “Peligro de Extinción” por el RCE.

La fauna acuática del estero está alterada asociada al diferente grado de intervención humana, especialmente por agricultura y silvicultura. Los cambios se deben especialmente a un incremento del arrastre de nutrientes, que incrementa la productividad de los ríos (no descartando la presencia de plaguicidas) y favoreciendo la dominancia de taxa suspensívoros y pastoreadores de macroinvertebrados bentónicos alterando el equilibrio ecosistémico. También es importante destacar la presencia de fauna acuática que esta categorizada en algún estado de conservación, siendo especies con bajas abundancias y más sensibles a los cambios ambientales.

En cuanto al medio socioeconómico, está habiendo una variación intercensal muy alta (> 10 %) en las comunas próximas al área de influencia, con una población en 2012 de cerca de 210.000 habitantes. Los datos de población por edades reflejan una población muy joven, con un 75 % con edades inferiores a 45 años.

Respecto a los indicadores económicos, se está produciendo un retroceso de la población ocupada en detrimento de la desocupada y la inactiva, siendo la tasa de población inactiva mayor del 50 % y alrededor del 14 % la de población desocupada. El mayor número de población activa trabaja en el sector agrícola y en el comercio al por mayor. El sector industrial es poco representativo, siendo menor del 8.5 %.

En cuanto al tamaño de la propiedad en la zona, el número de hectáreas explotadas es bastante mayor en parcelas de entre 50 y 500 ha. Cabe reseñar que en la zona regable del embalse la gran mayoría de las parcelas son inferiores a 50 ha.

El censo de edificaciones en la zona de inundación es muy bajo, afectando exclusivamente a 7 edificaciones, dedicadas mayoritariamente al almacenamiento y guarda de ganado.

No se han encontrado evidencias de que el proyecto afecte sitios arqueológicos prehispánicos ni objetos pertenecientes en general al patrimonio cultural.

No hay interacción entre otros proyectos de la zona y las actuaciones planteadas en este estudio.

### **REVISIÓN DE LA LEGISLACIÓN VIGENTE.**

En el Artículo 10 de la Ley 19.300 se indica los proyectos o actividades susceptibles de causar impacto ambiental, en cualquiera de sus fases, que deberán someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental.

Además en el artículo 11 se añaden otras condiciones de proyectos que requieren EIA, en el caso en el que se presenten ciertos efectos sobre el medio ambiente.

De esta forma, y de acuerdo con la descripción de las actuaciones a proyectar, es claro que el Proyecto debe someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental y requerirán la

elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental. El nuevo Decreto 40/2013 deja constancia de los mismos condicionantes.

La Ley N° 19.300, sobre Bases Generales del Medio Ambiente, dispone que el titular de cualquier proyecto y actividad que sea sometido al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, SEIA, se encuentra obligado a identificar la normativa ambiental aplicable a su proyecto o actividad y a señalar el modo en que dará cumplimiento a la misma.

El Título VII del Reglamento del SEIA D.S. N° 40, de 2012, del Ministerio del Medio Ambiente, presenta una lista de los permisos ambientales sectoriales.

De todos los citados en este Decreto, son de incumbencia a este estudio los siguientes:

**Tabla 6-8. Resumen Permisos Ambientales Sectoriales**

Artículo	Permiso	Autoridad	Oportunidad	Plazos
119	Pesca de Investigación	Subsecretaría de Pesca	Previo a la investigación, durante la fase de monitoreo	No existe plazo legal
129	Corta de especies vegetales protegidas	Corporación Nacional Forestal	Previo inicio obras	No existe plazo legal
132	Excavaciones de tipo arqueológico, antropológico y paleontológico	Consejo de Monumentos Nacionales	Previo a realizar las excavaciones, antes del inicio de las obras	90 días
146	Caza o captura de especies de fauna protegida.	Servicio Agrícola y Ganadero	Previo inicio obras	Indicado en el permiso
148	Corta de bosque nativo	Corporación Nacional Forestal	Previo inicio obras	No existe plazo legal
149	Corta de plantaciones en terrenos de aptitud preferentemente forestal	Corporación Nacional Forestal	Previo inicio obras	No existe plazo legal
155	Construcción de ciertas obras hidráulicas	Dirección General de Aguas	Previo al inicio de las obras	No existe plazo legal
156	Efectuar modificaciones de cauce	Dirección General de Aguas	Previo al inicio de las obras	No existe plazo legal
157	Efectuar obras de regularización o defensa de cauces naturales	Dirección General de Aguas	Previo al inicio de las obras	No existe plazo legal
159	Extracción de ripio y arena	Municipalidad y Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones	Previo al inicio de las obras	No existe plazo legal

## IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS.

Se ha optado por un análisis cualitativo de impactos que permite una suficiente profundización y conocimiento de los mismos.

Los principales impactos negativos sobre la línea base son sobre los siguientes componentes:

- **Geología.** La mayor alteración se producirá en la zona próxima a la cerrada, que sufrirá modificaciones ocasionadas por la construcción de la presa, y en los empréstitos y canteras utilizados. Las acciones del proyecto capaces de generar alteraciones sobre el medio geológico son las siguientes: movimiento de tierras realizado en la zona de la cerrada, la explanación y ubicación del parque de maquinaria, la extracción de materiales de préstamo, la construcción de nuevos viales y la deforestación del vaso.
- **Edafología.** La eliminación del suelo, así como la alteración del mismo por el paso de maquinaria supondrá un impacto de magnitud severa.
- **Vegetación terrestre.** La deforestación del vaso, con la presencia de una especie con alto grado de protección y la pequeña área de bosque nativo, afecta fuertemente a la vegetación, por ello su impacto se considera de magnitud crítica.
- **Flora y fauna acuáticas.** La flora acuática en la zona de afección directa se verá totalmente destruida, al quedar eliminado su hábitat. De manera indirecta influye la composición del planctón sobre macroinvertebrados y peces, así como directamente la turbidez del agua y la posible presencia de contaminantes. La magnitud del impacto es severa.
- **Paisaje.** En conjunto, los impactos paisajísticos generados durante la fase de construcción y cuyos efectos son permanentes son considerados de magnitud severa. A consecuencia del aprovechamiento del embalse para regadíos, en los períodos de vaciado del embalse, el impacto paisajístico es negativo, ya que el elemento más visible será la estructura de la presa.
- **Ecosistema del río.** El caudal ecológico mínimo se considera insuficiente. El impacto es de naturaleza positiva para el bosque y matorral aguas abajo, debido al aumento de la humedad y del nivel freático, pero de naturaleza negativa para las comunidades ripidícolas, al variar sus condiciones naturales. La propia presencia de la presa provoca impactos sobre la fauna acuática directamente aguas abajo y arriba de la presa, de naturaleza indeterminada, ya que se producen modificaciones en estas comunidades de repercusión inmediata, de forma permanente y magnitud crítica, ya que los cambios producidos afectarán negativamente a unas especies pero se favorecerá el desarrollo de otras también de interés.

Los principales efectos positivos afectarán sobre todo a los siguientes componentes:

- **Empleo.** La contratación de mano de obra local durante la construcción y el aumento de la rentabilidad de los servicios, así como la mejora del riego en toda la cuenca aguas abajo que se produce con la presa en la fase de explotación, provocará un aumento de la productividad agraria y, por tanto, de la mano de obra contratada.
- **Nivel socioeconómico de la población.** Los factores anteriores mejorarán el nivel socioeconómico de la zona.
- **Vegetación terrestre.** La inundabilidad del vaso, el ascenso del nivel freático y la laminación de avenidas provocan efectos positivos sobre la vegetación.

- Protección contra riesgos naturales. Causado por la laminación de avenidas.

### PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

Las principales medidas a adoptar de prevención, mitigación y compensación son:

- Apantallamiento de las canteras y zonas de obra para evitar el impacto visual que ocasionan y como efecto barrera para amortiguar los ruidos y el polvo ocasionados.
- Recuperación e integración de las canteras, vertederos, explanadas y todas aquellas zonas donde se hubiese realizado alguna transformación, mediante revegetación de taludes y repoblación forestal sobre bermas.
- Reforestación con bosque nativo en canteras y vertederos, según plan de manejo y permiso sectorial.
- Repoblación de zonas próximas a la zona con belloto del sur, de similitud genética a los existentes en la zona, según plan de manejo y permiso sectorial.
- Mantenimiento del caudal ecológico del río acorde con la época del año, con el fin de mantener la capacidad biogénica del río.
- Diseño de pasos y escalas de peces.
- Evitar la repoblación de especies piscícolas que puedan desplazar a las existentes.
- Realizar una ordenación y control de los usos recreativos que puedan darse en el embalse.
- Intervenir sobre tramos del cauce aguas abajo, con el fin de obtener un sustrato similar al de las zonas no alteradas antes del inicio de las obras, y que reproduzcan las condiciones naturales de los frezaderos, y que además actúe como fuente exportadora de macroinvertebrados bénticos.
- Realización de un estudio de la situación de la fauna terrestre con respecto al acceso al agua, creándose bebederos si en este estudio se indica la dificultad de los animales para el acceso al agua.
- Recomendar la contratación de mano de obra local que intervenga en la construcción de la presa.

### PLAN DE SEGUIMIENTO AMBIENTAL.

El Programa de Seguimiento Ambiental (PSA) se dividirá en dos fases, de diferente duración y alcance:

- **Primera fase:** Se corresponderá con la fase de construcción de las obras, y se extenderá hasta la fecha de recepción de las obras. En esta fase será responsabilidad del Contratista la aplicación del Plan.
- **Segunda fase:** Se extenderá desde la fecha de la recepción, abarcando un periodo de doce (24) meses. En esta fase, la aplicación del Plan será competencia de la entidad encargada de la gestión y mantenimiento de las infraestructuras.

La aplicación del PSA se realizará de forma continua por un Equipo Técnico Especialista en Medio Ambiente y por el equipo a pie de obra, a lo largo del periodo de ejecución.

Se seleccionan los indicadores de impacto y se determina la frecuencia y el programa de toma de datos, determinando los lugares de muestreo y determinando el método de recolección, almacenamiento y análisis de los datos.

### **EN FASE DE CONSTRUCCIÓN:**

- Mediciones del polvo existente en el ambiente.
- Mediciones del nivel sonoro de las zonas cercanas a la obra y a las canteras.
- Mediciones de la erosión en los taludes, explanadas, cauces, etc.
- Análisis de las aguas vertidas por las obras y por las plantas de lavado.
- Análisis de las aguas del cauce, tanto aguas arriba como aguas abajo de la obra.
- Seguimiento de las reacciones sufridas por la flora y fauna en el entorno.
- Visualización desde distintos puntos de las alteraciones ocasionadas al paisaje.
- Control de la correcta señalización de viales, tajos etc.

### **EN FASE DE EXPLOTACIÓN:**

- Medidas de la temperatura y humedad ambiental en las cercanías del embalse.
- Análisis de la erosión y el comportamiento de los materiales que componen el perímetro del embalse.
- Comprobación de los datos geotécnicos de la cerrada y el embalse.
- Medición del volumen de sedimentos aportados al embalse, control de los procesos de sedimentación de materiales en suspensión aguas abajo de la presa, y sus consiguientes alteraciones bióticas.
- Análisis de la calidad de las aguas en el embalse y en dos puntos aguas abajo, uno a la salida de la presa y otro en las proximidades de la desembocadura al Chillán, con determinación de parámetros físico-químicos y biológicos para comprobar el cumplimiento de los objetivos de calidad fijados.
- Seguimiento detallado de aportaciones continuas o difusas de materia orgánica y fosfatos al embalse.
- Aforo de los caudales vertidos al río y control del caudal ecológico.
- Control de las zonas revegetadas, observando síntomas de desecación de la vegetación o cualquier posible enfermedad.
- Control de los macroinvertebrados presentes en los substratos artificiales creados. Control de su estabilidad.
- Control del uso de los bebederos para fauna.
- Seguimiento mediante los oportunos estudios de las poblaciones naturales afectadas por el embalse, tanto aguas arriba como aguas abajo.

## **ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS PROPUESTOS.**

### ESTUDIOS PREVIOS AL INICIO DE LAS OBRAS.

- Estudio que incorpore el Plan de manejo, que deberá contemplar, al menos, la reforestación de una superficie igual a la cortada o explotada de bosque nativo, con una densidad adecuada a la especie ocupada en la reforestación de acuerdo a criterios técnicos de carácter general, propuestos por la Corporación y las medidas de protección establecidas en el reglamento.
- Este informe debe estudiar diversas alternativas de zonas aptas y adecuadas para la repoblación.
- Estudio de análisis de la población de Belloto del sur en toda la extensión del estero Quilmo que se proyecta inundar, que incluya un plan de manejo de la especie, con énfasis en un plan de revegetación en la zona ribereña del área a inundar y que incluya mantención del material genético del individuo registrado (semillas y micropropagación).
- Estudio de ampliación de la línea base de la fauna terrestre enfocado a la época de reproducción de la fauna protegida presente y medidas específicas para no perjudicar su etapa reproductiva, ya sea mediante prevención, mitigación o compensación.
- Estudio de ampliación de la línea base de la fauna terrestre enfocado al acceso al agua, y contemplando bebederos si en este estudio se indica la dificultad de los animales para ello.
- Estudio de ampliación de la línea base de los peces para poder proteger a las especies nativas, ya sea mediante prevención, mitigación o compensación.
- Estudio para el diseño de una campaña de concienciación medioambiental para los trabajadores.
- Estudio detallado para proporcionar un caudal adecuado, superior al mínimo legislado.

### ESTUDIOS DURANTE LA FASE DE EXPLOTACIÓN.

- Estudio de ampliación de la línea base de los macroinvertebrados bentónicos, con el fin de controlar los efectos de la presa transcurridos dos años desde su puesta en funcionamiento.
- Estudio de colmatación el espesor de los sedimentos depositados en el vaso de inundación, contemplando su posible extracción y retirada a zonas alternativas.
- Estudio de los efectos sobre el cauce (vegetación de ribera y fauna acuática) aguas abajo, contemplando alternativas de ajuste del caudal ecológico en cuanto a cantidad y calidad.
- Estudio de la calidad de agua de riego servida, para determinar la gestión de tomas de agua y desembalses.
- Análisis de las posibilidades de aprovechamiento lúdico y turístico del embalse, estudiando la creación de servicios de hostelería con reinserción laboral de las familias afectadas por la desaparición de cultivos, y otra población local.

## RESUMEN DE COSTOS POR ETAPAS.

En la tabla 6-9 se diferencian los costes correspondientes a cada etapa de construcción de las obras.

Tabla 6-9. Resumen de costos por etapas

Etapa	Coste Total (U.F)	Coste Total (\$)
Previo a la construcción	2,875	69,000,000
Previo y durante la construcción	8,625	207,000,000
Construcción	2,595	62,272,500
Operación	5,228	125,475,000
<b>TOTAL</b>	<b>19,323</b>	<b>463,747,500</b>

### 6.2. TALLERES LEGALES

Los Talleres Legales tuvieron como objetivo principal informar y empoderar a los agricultores involucrados en el proyecto, sobre los trámites y beneficios para crear una organización de usuarios, y regularizar y perfeccionar los Derechos del Agua.

El primer taller legal que tuvo lugar el lunes 17 de marzo de 2014 a las 16:00 horas, en la casa de la cultura de la municipalidad de Chillán Viejo.

El segundo taller legal que tuvo lugar el miércoles 11 de junio de 2014 a las 16:00 horas, en la casa de la cultura de la municipalidad de Chillán Viejo.

El taller legal N° 1, tuvo como objetivo principal informar a los agricultores que serán beneficiarios del proyecto, sobre los trámites y beneficios de:

- Creación de una organización de usuarios.
- Regularización de los Derechos del Agua.
- Perfeccionamiento de los Derechos de Agua.

Fotografía 6-7. Taller legal N° 1.



El taller legal N° 2, tuvo como objetivo principal informar a los agricultores que serán beneficiarios del proyecto, sobre los trámites y beneficios de:

- Creación de una organización de usuarios.
- Regularización de los Derechos del Agua.
- Perfeccionamiento de los Derechos de Agua

Fotografía 6-8. Taller legal N° 2.



Del desarrollo tanto de los Talleres Legales se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Las convocatorias no fueron exitosas en términos de participación activa de los agricultores existiendo bajos índices de concurrencia.

- La participación en los talleres por parte de los asistentes fue alta, realizándose numerosas preguntas que fueron respondidas.
- Se detectó que no existe en la zona una organización de usuarios y son pocos los agricultores que tienen derechos de agua. El Consultor destacó la importancia de constituirse formalmente como organización de usuarios.

### 6.3. PARTICIPACIÓN CIUDADANA

El objetivo central del Plan de Trabajo de PAC es permitir la **integración de la comunidad, autoridades y servicios públicos** al desarrollo del proyecto por medio de instancias de participación como reuniones, talleres de trabajo u otras actividades que permitirán, por una parte, informarlos de los objetivos y avances del estudio, y por otra, levantar información desde la cercanía del territorio, consultas, inquietudes, intereses y opiniones de los diversos grupos de interés del proyecto, incorporándolas en el estudio cuando sea técnica y económicamente factible.

Los objetivos específicos del Programa de Participación Ciudadana son:

1. Contextualizar social y territorialmente el área de influencia del proyecto.
2. Identificar y caracterizar a los actores relevantes, tanto comunitarios como institucionales.
3. Difundir a los actores relevantes identificados, los objetivos y alcances del estudio.
4. Conocer e incorporar, en la medida que sea técnica y económicamente viable, las opiniones, inquietudes, conocimientos y sugerencias de los actores sociales relevantes para el proyecto.
5. Elaborar, a partir de las inquietudes ciudadanas, un plan de trabajo de Participación Ciudadana para desarrollar durante la etapa de construcción de las obras.

Se exponen a continuación las distintas etapas en las que se dividen los trabajos del área de participación ciudadana con los productos que se deberían conseguir.

**Tabla 6-10. Programación de las actividades**

ETAPA DEL ESTUDIO	ACTIVIDAD DE PAC	PRODUCTO ESPERADO
1	Revisión de antecedentes	Identificación y caracterización preliminar del área de influencia del proyecto. Registro de antecedentes.
	Presentación del estudio y coordinación con dirigentes	Informar de las actividades del estudio y generar vínculo con los actores clave
2	Contactos y Entrevistas al menos a 10 informantes claves.	Identificación y análisis de actores relevantes para el proyecto.  Diagnóstico de la situación social y organizacional Registro de la actividad.
		Registro de todas las reuniones

ETAPA DEL ESTUDIO	ACTIVIDAD DE PAC	PRODUCTO ESPERADO
	Elaboración de libreto para registro visual	<b>1º Informe de avance de PAC</b>
<b>3</b>	Reuniones iniciales Se mantendrá al menos una reunión	Inicio de registro y análisis de entrevistas.  Matriz de descripción de actores terminada  <b>2º Informe de avance de PAC</b>
<b>4 y 5</b>	Apoyo a estructuración de encuestas agroeconómicas  Acompañamiento a la realización de algunas de ellas	Registro de actividades
<b>6</b>	Se mantendrá al menos una reunión  Presentación de los trabajos desarrollados ante actores institucionales	Registro de actividad  Video  <b>3º Informe de avance de PAC</b>
<b>7</b>	Elaboración informe final	Informe final de participación ciudadana (incluye recomendaciones y plan de PAC para la etapa siguiente)

Se planificaron tres ciclos de reuniones en fases distintas del proyecto, para informar sobre el inicio del estudio, el avance y sus resultados, respectivamente.

- Actividad de lanzamiento oficial del Proyecto Estudio de prefactibilidad de embalses estacionales del secano, provincia de Ñuble.
- Actividades de convocatoria de reuniones de PAC,
- Reuniones de PAC.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las fechas en las cuales se realizaron las actividades de PAC:

**Tabla 6-11. Fechas de reuniones de PAC**

Reuniones PAC	Fechas
Lanzamiento del Proyecto	18 de Octubre de 2.013
Primera reunión de PAC	28 de Enero de 2.014
Segunda reunión de PAC	Junio de 2.014

La participación ciudadana en el Proyecto Construcción Embalses Estacionales del Secano, provincia de Ñuble, se incluyó desde los comienzos del estudio, cuando los distintos actores involucrados dieron su opinión sobre este Proyecto. Este primer acercamiento, sirvió para que las personas se sintieran parte de del Proyecto, conocer sus percepciones respecto a él y además visibilizarlo ante distintos actores que no tenían conocimiento de éste.

Posteriormente se realizaron reuniones de participación ciudadana en las cuales se les informó de los avances del estudios de prefactibilidad del proyecto, se respondieron las dudas que presentaban los participantes y se registraron sus principales inquietudes y sugerencias para ser analizadas por el equipo de especialistas.

Los dirigentes locales han demostrado su entusiasmo ante la posibilidad de un embalse, especialmente D. Felipe Aylwin, alcalde de Chillán Viejo, que además piensa en un posible uso turístico del embalse.

Un punto de gran relevancia, tiene que ver con el hecho de que durante el desarrollo del Estudio no ha sido posible identificar a ningún actor social y/o institucional, que explice su expresa y completa oposición al Proyecto. No obstante, en la zona de inundación existen propietarios que se oponen al embalse por verse afectados sus predios.

Como aspecto obstaculizador, está el escaso manejo técnico general de la temática del riego entre los potenciales beneficiarios del proyecto así como -y en términos aún más generales- la inexistencia de “cultura de riego”, en un territorio históricamente de secano. Muy influyente en la zona del estero Quilmo.

**Fotografía 6-9. Fotografía de la primera reunión de participación ciudadana en Chillán Viejo.**



## 7. ESCENARIOS Y MODELO DE SIMULACIÓN

A partir de la evaluación de los recursos hídricos disponibles para el embalse, la capacidad de regulación del mismo y las características de los sectores de riego (ubicación, extensión, demandas, etc), se han planteado una serie de escenarios para el proyecto.

Para la elección del tamaño óptimo del embalse, se ha realizado el análisis multipropósito del mismo teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Satisfacción de la demanda de agua para riego, pues se trata del objetivo principal para el que se promueve el presente proyecto.
- Análisis del potencial de hidrogenación del embalse.
- Beneficio adicional del embalse como elemento para control de crecidas y defensa fluvial.

Una vez obtenido el tamaño óptimo con los criterios anteriormente descritos, se realiza el análisis de nuevas capacidades de embalse para otros usos, planteándose incluso la prioridad de los mismos frente al riego, como puede ser: generación hidroeléctrica no asociada a riego, suministro de agua potable, etc.

Se han generado un total de 13 escenarios, atendiendo a los criterios indicados.

Las demandas consideradas en los escenarios son:

- **Riego:** Se incluyen distintas demandas para riego con el fin de diferenciarlas por superficies y prioridades. Las demandas de riego son consuntivas. Las demandas que se han incluido en el modelo son las siguientes:
  - o Demanda 1: superficie regable del estero Quilmo. 586,20 ha.
  - o Demanda 2: superficie regable del estero Quilmo con derechos de riego. 87,51 ha. Esta demanda es prioritaria frente a las otras demandas de riego.
  - o Demanda 3: superficies regables con derechos de aprovechamiento de aguas del estero Chillán, que por su ubicación se podrían regar desde el embalse de Quilmo. 280 ha.
  - o Demanda 5: superficie adicional regable del estero Quilmo. 200 ha.
  - o Demanda 6: superficie adicional regable del estero Quilmo. 400 ha.
  - o Demanda 7: superficie adicional regable del estero Quilmo. 800 ha.
- **Caudal ecológico:** La satisfacción del caudal ecológico es prioritaria frente al resto de demandas. Se trata de una demanda no consuntiva pero con un valor de caudal que debe estar disponible en el río.
- **Demanda urbana:** Corresponde a la demandas para abastecimiento de agua potable a la población de Chillán Viejo, estimada en 0,2 hm<sup>3</sup>/mes. Se ha establecido con la menor

prioridad del conjunto de demandas consideradas, salvo en uno de los escenarios (1-AB01) donde es prioritaria frente a hidrogenación.

- **Hidrogenación:** Es una demanda no consuntiva, puesto que tras el turbinado se retorna al río, si bien a la cota de salida de la central. Se realizan escenarios que contemplan el turbinado de distintos caudales, tales como el disponible, de acuerdo a las prioridades establecidas y a las posibilidades de acuerdo a las cotas de las tomas de cada demanda, además de otras que fijan un volumen objetivo a turbinar.

Además de las demandas consuntivas y no consuntivas consideradas en el modelo como elementos de demanda, se han tenido en consideración los **derechos de riego establecidos en las parcelas que quedarán inundadas por el embalse**. En estas parcelas, que se van a expropiar, cuando se construya la presa, puesto que estarán expropiadas y en zona de inundación del embalse, no se contempla la realización de actividad agrícola que precise riego, sin embargo sí se plantea que por ser unos volúmenes asociados a derechos en la actualidad se deben considerar en cuanto a disponibilidad en el embalse. En definitiva, no se incluyen como demanda consuntiva de riego, puesto que no lo va a ser, al no ser superficies regables en el futuro, pero sí se contemplan como disponibilidad de volumen en el embalse, al tener derechos asociados.

La demanda de riego en el modelo se ubica a la cota 92,50 m, la de caudal ecológico a la cota 90,50 m, la toma para demanda urbana a la 90,30 m y la toma para caudal a turbinar se dispone a la cota 90,50 m.

**Tabla 7-12. Escenarios simulados**

ESCENARIO	DEMANDA DE RIEGO	VOL. MÍN. EMBALSE (hm <sup>3</sup> )	VOL.OBJ. (MÁX. EMBALSE) (hm <sup>3</sup> )	DEMANDA HIDROG. Vol. Obj. (hm <sup>3</sup> /mes)	SUPERFICIE REGABLE TOTAL (ha)	OBSERVACIONES
1	1, 2, 3	1,16	8,213	0	953,71	
2	1, 2	1,16	6,744	0	673,71	
3	1, 2, 3, 5	1,16	9,810	0	1.153,71	esc 1 + 200 ha
4	1, 2, 3, 6	1,16	10,608	0	1.353,71	esc 1 + 400 ha
5	1, 2, 3, 7	1,16	12,474	0	1.753,71	esc 1 + 800 ha
1-H01	1, 2, 3	1,16	12,474	0	953,71	Incr. Vol. Para hidrogenac.
2-H01	1, 2	1,16	12,474	0	673,71	Incr. Vol. Para hidrogenac.
1B	1, 2, 3	3,165	8,213	0	953,71	
1C	1, 2, 3	3,165	9,011	0	953,71	Incr. Vol. Emb.respecto a 1B
1D	1, 2, 3	1,16	9,011	0	953,71	
1-H01B	1, 2, 3	1,16	12,474	1	953,71	
1-H01C	1, 2, 3	1,16	12,474	1 - 5	953,71	1 OCT-MAR; 5 ABR - SEP
1-AB01	1, 2, 3	1,16	9,011	0	953,71	Prioridad Dem.urbana (sobre hidrog.)

El modelo de simulación de los recursos que ha sido utilizado es el **AQUATOOL**, desarrollado por el Área de Ingeniería de Recursos Hídricos del Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (IIAMA – UPV), España.

El periodo total de la simulación es de 55 años, realizados los cálculos a nivel mensual, con datos de entrada históricos procedentes de la serie fluviométrica sobre la que se ha trabajado previamente.

En la tabla 7-13 se incluyen los resultados de las simulaciones realizadas, en cuanto a alturas y volúmenes de presa correspondientes a cada escenario simulado. Se indica la designación del escenario, las demandas de riego consideradas en cada simulación, el volumen máximo en el embalse correspondiente al nivel máximo de explotación, la cota asociada al volumen máximo (nivel máximo de explotación), la cota de coronamiento de la presa.

En la tabla 7-13 se resumen los resultados de la simulación que cumplen en general con:

- satisfacción de caudal ecológico en todo el periodo de simulación
- satisfacción de las demandas de riego con criterio 85% de fallo anual y mensual.
- Satisfacción de las demandas de acuerdo a las prioridades establecidas (caudal ecológico prioritario frente al resto, demandas con derechos del estero Quilmo prioritaria frente al resto de demandas de riego)

**Tabla 7-13. Resultados simulaciones.**

ESCENARIO	DEMANDAS DE RIEGO	VOLUMEN MÁX EMBALSE (N.M.E.) (hm <sup>3</sup> )	COTA NIVEL MÁX. EXPLOTACIÓN (m)	COTA NIVEL CORONAMIENTO PRESA (m)
1	1, 2, 3	8,213	96,50	101,50
2	1, 2	6,744	95,50	100,50
3	1, 2, 3, 5	9,810	97,50	102,50
4	1, 2, 3, 6	10,608	98,00	103,00
5	1, 2, 3, 7	12,474	99,00	104,00
1-H01	1, 2, 3	12,474	99,00	104,00
2-H01	1, 2	12,474	99,00	104,00
1B	1, 2, 3	8,213	96,50	101,50
1C	1, 2, 3	9,011	97,00	102,00
1D	1, 2, 3	9,011	97,00	102,00
1-H01B	1, 2, 3	12,474	99,00	104,00
1-H01C	1, 2, 3	12,474	99,00	104,00
1-AB01	1, 2, 3	9,011	97,00	102,00

A continuación se resumen las principales conclusiones obtenidas de las simulaciones realizadas:

- El caudal ecológico se satisface en todas las simulaciones a lo largo de todo el periodo de simulación.
- Se satisfacen las demandas de riego con criterio 85% de fallo anual y mensual. Además se abastecen de acuerdo a las prioridades establecidas, siendo menos deficitarias las que tienen derechos de riego asociados de Quilmo.
- Se comprueba que el volumen no es inferior al volumen mínimo 1,16 hm<sup>3</sup> en el periodo de simulación.
- Las cotas de nivel máximo de explotación simuladas varían entre 95,50 m y 99,00 m. Se han simulado 6 alturas de presa.
- La demanda urbana, con los criterios empleados es en general muy deficitaria. No es así en el caso del escenario 1-AB01, donde se le ha dado prioridad frente a la hidrogenación, de forma que se consigue abastecer toda la demanda urbana considerada.
- En cuanto a la operación de riego, mantener el volumen mínimo en la cota de la toma de riego 92,50 m implica un incremento de 0,50 m de altura para los volúmenes simulados.
- En cuanto a la operación de hidrogenación:
  - o Mayor volumen de embalse y menor superficie de riego implican mayor hidrogenación.
  - o Se genera más energía turbinando lo que sea posible por sueltas, tendiendo a mantener embalse lleno (volumen objetivo = 0) que fijando un volumen a turbinar.
  - o En general, el potencial de hidrogenación es bajo.
- En cuanto a la operación para abastecimiento, priorizando el abastecimiento frente a la hidrogenación, se consigue, con un incremento de cota de 0,50 m, respecto al caso base que es el escenario 1, abastecer la demanda urbana y cumplir con los criterios de fallo para riego, reduciendo la generación hidroeléctrica.
- Por lo que respecta a los volúmenes asociados a superficies con derechos de Quilmo ubicadas en zona de inundación, de acuerdo al criterio considerado, se ha realizado el análisis de disponibilidad de volúmenes asociados a las superficies de parcelas de Quilmo en cada uno de los escenarios simulados. En todos los escenarios simulados se dispone de una reserva de volumen suficiente, que cumple con los criterios de fallo establecidos.

## 8. DISEÑOS PRELIMINARES

### 8.1. EMBALSE

Comprendió el diseño y estimación de costos, a nivel de prefactibilidad, del muro de embalse con sus respectivas obras anexas y complementarias, para el sitio ubicado en el estero Quilmo.

Para obtener la estimación de inversión se proyectaron cinco alternativas de tamaños de embalse con distintas alturas de muro, de esta forma se pudo construir la curva de costos en función de la altura de muro (o volumen útil total). Las obras hidráulicas anexas al muro considerado dentro del análisis correspondieron a las siguientes:

- Estructura hidráulica del desvío.
- Ataguías.
- Evacuador de crecidas.
- Obra de toma y desagüe de fondo.

Los volúmenes totales máximos de cada embalse, correspondientes a las cinco alternativas, se muestran en la Tabla 8-14:

**Tabla 8-14. Volumen Máximo Total de Embalses.**

ESCENARIO	ALTURA DE MURO (m)	COTA CORONAMIENTO (msnm)	NIVEL MÁX. EXPLOTACIÓN (m)	VOLUMEN EMBALSE NME (hm <sup>3</sup> )	SUPERFICIE INUNDADA (ha)
2	14,50	100,50	95,50	6,744	208,25
1	15,50	101,50	96,50	8,213	225,85
3	16,50	102,50	97,50	9,810	245,98
4	17,00	103,00	98,00	10,608	255,50
5	18,00	104,00	99,00	12,474	275,66

Los criterios relevantes para el diseño de las distintas obras hidráulicas que componen el embalse Niblinto fueron las siguientes:

- Se consideraron para todas las alternativas en estudio, una presa funcionalmente zonada, adaptada a las características de los materiales disponibles, dimensionada de acuerdo con las recomendaciones del USBR
- La estructura hidráulica de desvío consiste en un falso túnel, dividido en dos conductos, lo que facilitará la operación coordinada de montaje de desagües de fondo y cierre del desvío.

- El desagüe de fondo son dos conductos, cuya sección se diseña rectangular para funcionamiento en régimen rápido
- El vertedero de excedencias diseñado es tipo pico de pato pero con planta cuasi-rectangular con umbral de vertido cinco metros por debajo de la coronación del muro de presa
- El caudal de diseño de las obras de desvío (Estructura hidráulica del desvío + Ataguías) corresponde al de una crecida con período de retorno igual a 25 años.
- La captación de las aguas del embalse para riego se ha previsto mediante una conducción de acero de 1000 mm de diámetro, embebida en la estructura de desvío.
- La toma se produce en el interior de la galería de desvío, aguas arriba de los desagües de fondo, a la cota 90 metros.
- Para los vertederos de excedencias se consideró una carga máxima de diseño igual a 3 m.
- El coronamiento del muro presentará una revancha de 5 m sobre la carga de diseño del vertedero.

Además, se consideraron los costos asociados a la implementación de un sistema de aforo de caudales en forma remota.

**Figura 8-6. : Planta de las Obras Diseñadas.**

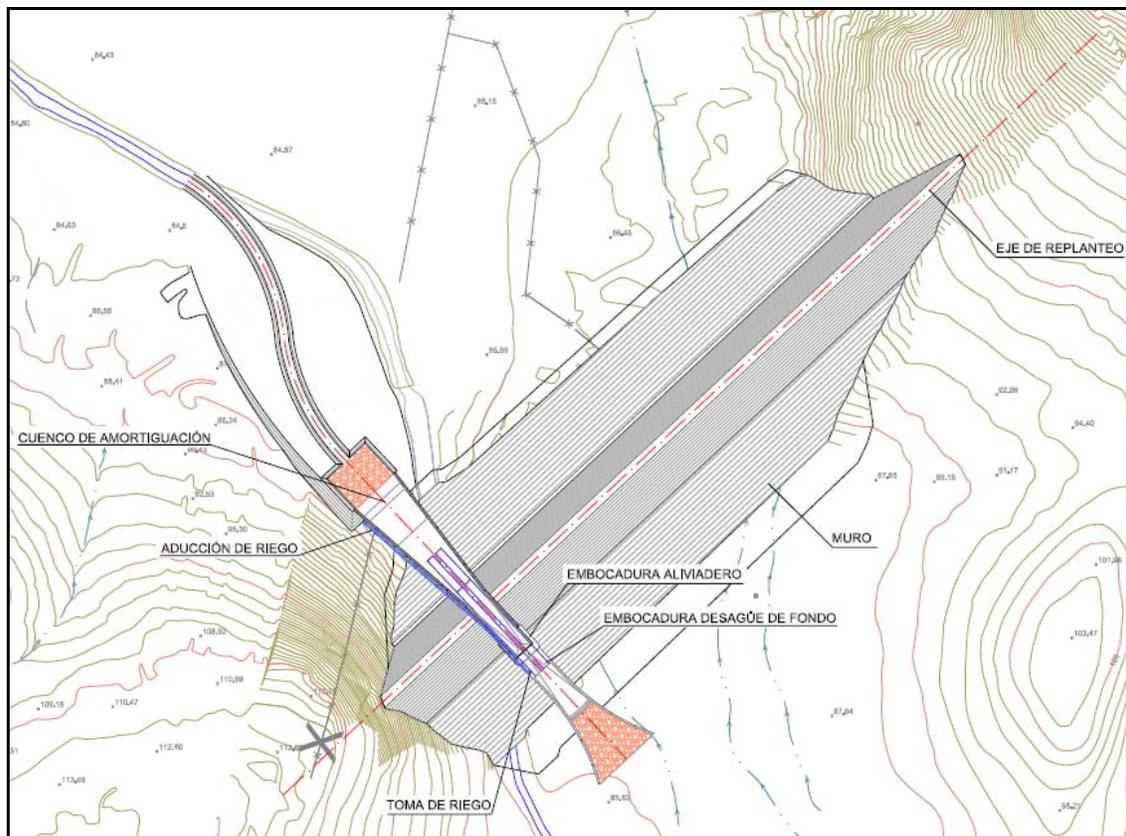
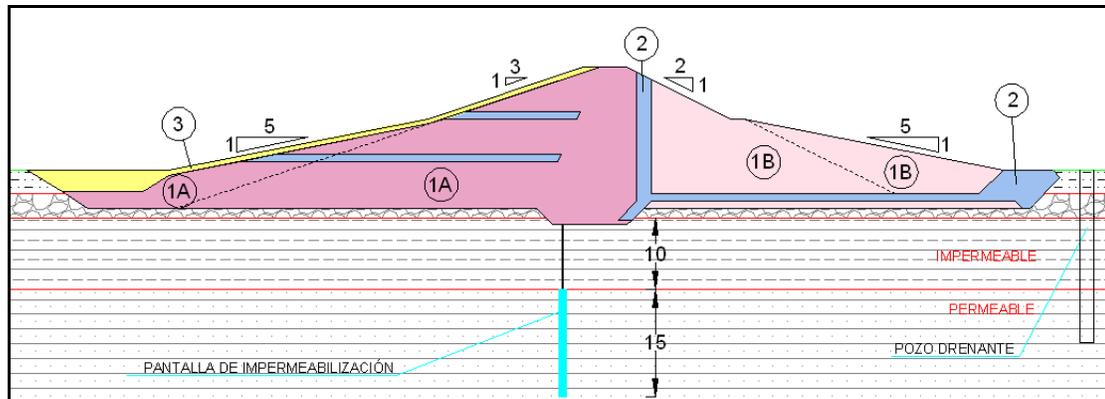


Figura 8-7. : Sección de las Obras Diseñadas.



## 8.2. CANALES

La red de canales propuesta para el suministro de agua en el actual estudio cuenta de 2 canales. Dentro de los criterios principales que se han tenido en cuenta a la hora de diseñar el trazado de los canales, cabe destacar dos:

- Poder dar agua por gravedad desde la presa. Ajustándose el canal a las curvas de nivel, debido a los importantes desniveles que existen. Esto además trae la ventaja añadida de reducir o homogeneizar los volúmenes de tierra de desmonte y terraplén.
- En segundo lugar se ha establecido como criterio, que ninguno de los predios quede alejado más allá 500 m. De esta forma se asegura el abastecimiento a los diferentes cultivos.

El primero de ellos, el que en adelante se denominará **Canal Margen Izquierda (CMI)**, tiene una longitud aproximada de 20,9 Km, comenzando aguas abajo de la presa Quilmo en la ladera sur del estero Quilmo.

**Figura 8-8 Canal de la Margen Izquierda**



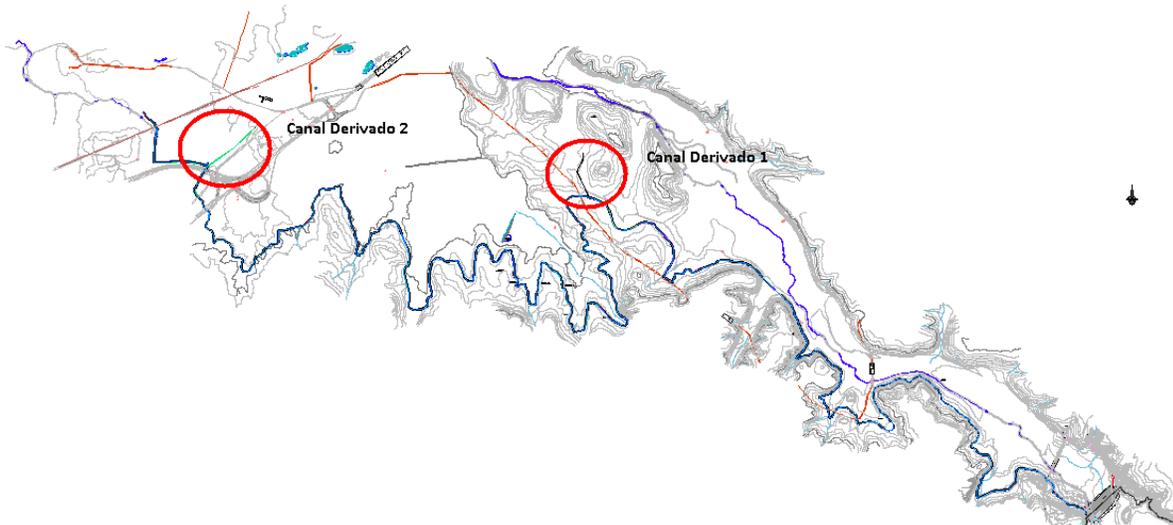
El segundo canal, situado más al norte, al otro lado de la ribera, se **denomina Canal de la Margen Derecha (CMD)**. Como su nombre indica, discurre de forma análoga y casi paralela al CMI y al estero, aunque su longitud es mucho menor, siendo ésta de 7,4 Km, comenzando aguas abajo de la presa Quilmo en la ladera norte del estero Quilmo

**Figura 8-9 Canal de la Margen Derecha**



Se definen dos canales derivados denominados 1 y 2, que parten del Canal matriz de la Margen Izquierda, y que distribuyen el agua hacia la zona agrícola existente al oeste después del cruce del canal de la margen izquierda con la autovía panamericana y a la zona central del estudio cercana al estero entre el canal matriz y el estero.

**Figura 8-10. Canales derivados 1 y 2.**



### 8.3. SISTEMA DE AFORO REMOTO DE CAUDALES

Se proyectó un sistema de aforo, para medición de caudales de los canales matrices. Sistema que consiste en siete estaciones de aforo, las cuales se instalarán al inicio, al final y en un punto intermedio de la traza de los dos canales matrices y en el inicio del canal derivado.

Estos aforadores tendrán la capacidad de medir el caudal que transporta el canal y se podrá acceder remotamente a través de internet a los datos guardados.

Los aforadores se proyectan con una sección rectangular para facilitar su construcción y diseño.

El objetivo principal es tener la posibilidad de medir remotamente el caudal que transportan los canales y así tener control de la red de distribución.

El aforador Parshall es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal. Consta de cuatro partes principales:

- i) Transición de entrada.
- ii) Sección convergente
- iii) Garganta.
- iv) Sección divergente.

**Figura 8-11. Instalación de un aforador Parshall en canal de riego**



#### **8.4. HIDROGENERACIÓN**

Se realiza el análisis técnico y económico de la posible implantación de una mini central hidroeléctrica a pie de presa del cual se deduce que no es económicamente factible su construcción.

#### **8.5. OBRAS DE EMBALSE DE CONTROL**

Se realiza el análisis de utilización del embalse como embalse de control de crecidas. Para ello se determina la capacidad de regulación, se realiza el análisis de vulnerabilidad de lugares habitados y presencia de infraestructuras, así como el estudio hidráulico que permite la evaluación del efecto laminador del embalse, comparando las situaciones con y sin presa.

Del análisis se deduce que, dada la reducida laminación que se genera y la nula afección a carreteras y viviendas, no habiendo prácticamente diferencias apreciables hidráulicamente entre la situación sin presa y con presa, no procede utilizar el embalse como embalse de control.

## 9. ESTUDIO DE TENENCIA DE TIERRA

Los predios involucrados donde se emplazarán las obras del futuro embalse Quilmo son 23.

En el **área de inundación** hay 7 predios con uso forestal:

- ✓ Dos predios pertenecientes a Forestal Celco.
- ✓ Un predio perteneciente a Masisa Forestal.
- ✓ Dos predios pertenecientes a Leonardo Olivares Navarrete.
- ✓ Uno predio perteneciente a Leónidas Flores Muñoz.
- ✓ Uno predio perteneciente a Luis Venegas Briones.

En el caso del **canal matriz izquierdo**, el número de predios afectados es de 36 (aunque hay predios afectados en varias ocasiones, siendo el total de afecciones a predios de 64). El destino de los predios es agrícola menos 5 que son forestales y un predio donde se ubica una escuela. Además, se han previsto varios cruces con infraestructuras:

- Un cruce con la carretera N-59-Q.
- Seis cruces con la carretera N-601.
- Un cruce con la autopista de la ruta 5.
- Dos cruces con la autopista de la ruta 152.
- Un cruce con la línea del ferrocarril.

En el caso del **canal matriz derecho** el número predios afectados es de 6. El destino de los predios es agrícola menos uno que es forestal. Además, se han previsto varios cruces con infraestructuras:

- Un cruce con la carretera N-59-Q.
- Un cruce con la carretera N-601.

En el caso de los **canales derivados**, el número de predios afectados es el siguiente:

- **Canal derivado 1:** 3 predios afectados, todos con uso agrícola.
- **Canal derivado 2:** 2 predios afectados.

En el caso del trazado del **nuevo camino** en el área del embalse, el número de predios afectados es de 9, siendo uno de ellos de uso forestal (perteneciente a Forestal Celco) y el resto son de uso agrícola.

En el caso de algún predio de uso forestal se encuentre sujeto a un Plan de Manejo aprobado por CONAF, se deberá indemnizar al propietario, incluyen el valor comercial de las plantaciones y de los eventuales subsidios o bonificaciones que haya recibido por parte del para efectos de realizar las plantaciones y ejecutar su reforestación, en el marco del Decreto Ley 701/1974, del Ministerio de Agricultura (que somete a los terrenos forestales a las disposiciones que señala) y que debe devolver a reintegrar al estado, en caso de no poder continuar ejecutando el respectivo plan de manejo.

Se presume que la probabilidad de cambios en la información proporcionada por el CIREN y complementada con la entrevista y los datos obtenidos del SII y CBR, es muy baja desde el punto de vista de la identificación de los propietarios, así como en la información de las dimensiones de los predios ya que se disponen de planos del SII obtenidos en el CIREN CORFO.

No obstante, hay que destacar que debido a la proximidad del área de estudio a las comunas de Chillán Viejo y de Chillán, en el futuro algunos predios pueden dividirse en parcelas para tener un uso residencial o industrial.

Considerando que se trata de un estudio de pre factibilidad, la información presentada es bastante completa y se podrá ampliar y verificar en las siguientes etapas de Ingeniería del proyecto.

## 10. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Conforme a lo solicitado por la CNR la evaluación económica del proyecto se realizó con base a la aplicación de tres métodos cuya diferencia fundamental, es el procedimiento utilizado para cuantificar los beneficios del proyecto.

- Método de la Productividad Marginal (o Método del Presupuesto)
- Método del Valor Incremental de la Tierra
- Método de las Transacciones de los Derechos de Aprovechamiento de Aguas

La evaluación social se ha realizado considerando los lineamientos entregados en el documento “Metodología de Preparación y Evaluación de Proyectos de Riego”, del Ministerio de Desarrollo Social (MIDESO) así como en el documento “Manual para el Desarrollo de Grandes Obras de Riego” (Consejo Ministros para La Comisión nacional de Riego, 2011).

En base a esta metodología se ha considerado una situación actual, o sin proyecto, una situación actual optimizada o situación base optimizada y una situación futura o con proyecto, para cada una de las cuales se han estimado sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 30 años. La diferencia de costos y beneficios entre la situación futura o con proyecto y la situación actual optimizada permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

### 10.1. BENEFICIOS AGROECONÓMICOS

Los beneficios del proyecto se generan al aumentar la seguridad de riego para las tierras beneficiadas, permitiendo una mayor producción; ya sea por aumentar la superficie regada en cada año, como por permitir un cambio a cultivos más rentables, al disminuir el riesgo del abastecimiento de agua.

Los márgenes brutos se han determinado a través de la multiplicación de cada superficie asignada por el margen bruto unitario resultante de las fichas técnico económicas. Posteriormente, en la situación actual se descontaron los gastos indirectos. En situación sin proyecto, además de los descuentos señalados para la situación actual, se descontaron los costos del programa de transferencia tecnológica.

En situación futura se consideraron los costos por concepto de gastos indirectos, riego tecnificado, habilitación de terrenos, los costos financieros y del programa de transferencia tecnológica. Los beneficios asociados al flujo para el “Escenario 5”, con mayor superficie de riego en Situación con proyecto y Situación Actual Optimizada se presentan en la tabla 10-15.

Tabla 10-15. Beneficios asociados al riego (Pesos).

AÑO	SCP PRIV	SAO PRIV	SCP SOCIAL	SAO SOCIAL
0	-\$ 716.638.325,66	\$ 51.218.001,77	-\$ 811.536.523,51	\$ 70.815.120,86
1	-\$ 666.536.202,35	\$ 53.730.802,13	-\$ 748.054.504,24	\$ 73.173.391,57
2	-\$ 1.418.926.461,35	\$ 53.828.014,93	-\$ 1.437.742.399,99	\$ 73.251.321,58
3	-\$ 268.224.150,93	\$ 53.949.773,51	-\$ 1.191.370.176,16	\$ 73.353.929,98
4	-\$ 1.704.505.058,47	\$ 54.100.328,00	-\$ 1.305.782.733,14	\$ 73.444.199,68
5	-\$ 1.582.303.505,66	\$ 54.085.086,11	-\$ 1.046.236.659,69	\$ 73.534.469,39
6	-\$ 174.100.020,85	\$ 54.173.657,35	\$ 479.751.573,74	\$ 73.624.739,10
7	\$ 868.330.905,72	\$ 54.262.227,60	\$ 1.647.898.927,81	\$ 73.715.007,80
8	\$ 1.655.864.090,19	\$ 54.513.610,44	\$ 2.555.050.547,53	\$ 73.968.354,31
9	\$ 2.806.354.968,40	\$ 77.350.710,48	\$ 3.632.082.222,26	\$ 97.800.696,64
10	\$ 2.976.764.934,33	\$ 78.596.644,39	\$ 3.894.431.429,61	\$ 97.866.289,97
11	\$ 3.622.123.229,95	\$ 78.486.539,86	\$ 4.647.181.585,78	\$ 97.601.481,00
12	\$ 3.911.974.047,22	\$ 78.486.539,86	\$ 4.980.703.687,78	\$ 97.601.480,00
13	\$ 3.952.084.470,69	\$ 78.486.539,86	\$ 5.064.971.974,45	\$ 97.601.481,00
14	\$ 4.053.056.519,84	\$ 78.486.539,86	\$ 5.152.582.336,75	\$ 97.601.480,00
15	\$ 3.960.761.532,27	\$ 78.486.539,86	\$ 5.055.198.930,06	\$ 97.601.481,00
16	\$ 3.910.219.024,62	\$ 63.152.664,01	\$ 4.985.134.697,80	\$ 75.857.885,14
17	\$ 3.988.384.437,26	\$ 61.598.071,20	\$ 5.075.755.886,79	\$ 75.037.280,71
18	\$ 4.091.529.309,35	\$ 58.567.352,97	\$ 5.209.899.146,05	\$ 73.396.069,86
19	\$ 4.100.639.910,25	\$ 72.974.826,05	\$ 5.229.775.651,19	\$ 89.232.285,03
20	\$ 4.175.040.887,98	\$ 75.730.682,45	\$ 5.317.865.355,75	\$ 93.416.882,52
21	\$ 3.869.847.183,10	\$ 78.486.539,86	\$ 4.897.721.326,68	\$ 97.601.481,00
22	\$ 3.796.379.157,19	\$ 78.486.539,86	\$ 4.828.540.342,91	\$ 97.601.480,00
23	\$ 3.416.056.416,81	\$ 78.486.539,86	\$ 4.344.782.198,22	\$ 97.601.481,00
24	\$ 2.920.740.934,61	\$ 78.486.539,86	\$ 3.717.403.336,07	\$ 97.601.480,00
25	\$ 2.654.492.293,14	\$ 78.486.539,86	\$ 3.352.861.277,05	\$ 97.601.481,00
26	\$ 2.357.737.949,41	\$ 78.486.539,86	\$ 2.992.923.767,65	\$ 97.601.480,00
27	\$ 2.291.395.040,05	\$ 78.486.539,86	\$ 2.923.491.063,27	\$ 97.601.481,00
28	\$ 2.230.438.705,93	\$ 78.486.539,86	\$ 2.904.453.477,89	\$ 97.601.480,00
29	\$ 2.350.879.697,87	\$ 78.486.539,86	\$ 3.097.221.409,76	\$ 97.601.481,00
30	\$ 2.314.431.725,67	\$ 78.488.843,89	\$ 3.099.185.915,31	\$ 97.650.687,97

## 10.2. BENEFICIO ASOCIADO EL VALOR INCREMENTAL DE LA TIERRA.

Al igual que en la evaluación de la tenencia de la tierra, se consideró que el valor de la tierra de seco y regadío, es en promedio el que se indica en la tabla 10-16.

**Tabla 10-16. Precio del terreno considerado en expropiaciones.**

Tipo de Terreno	Precio/hectárea
Terrenos agrícola sin derechos de agua	\$ 3.000.000,00
Terrenos agrícola con derechos	\$ 6.000.000,00

De esta forma se obtiene un análisis del precio de la tierra, observándose un incremento en el valor añadido con la puesta en riego, en función de los distintos escenarios. Se observa en la tabla 10-17.

**Tabla 10-17. Precio del terreno incluyendo la variación del uso**

PRECIO TIERRA SECANO SAO (Millones \$)	PRECIO TIERRA REGADIO SAO	PRECIO TIERRA SECANO SCP	PRECIO TIERRA REGADIO SCP	VALOR INCREMENTAL SCP-SAO SECANO	COSTO TOTAL OBRAS	BENEFICIO NETO
\$ 1.630,02	\$ 179,75	\$ 119,85	\$ 5.722,26	\$ 4.032,33	\$ 29.148,75	-\$ 25.116,42
\$ 1.630,02	\$ 179,75	\$ 119,85	\$ 4.042,26	\$ 2.352,33	\$ 27.737,08	-\$ 25.384,75
\$ 1.630,02	\$ 179,75	\$ 119,85	\$ 6.922,26	\$ 5.232,33	\$ 30.342,36	-\$ 25.110,02
\$ 1.630,02	\$ 179,75	\$ 119,85	\$ 8.122,26	\$ 6.432,33	\$ 30.960,64	-\$ 24.528,30
\$ 1.630,02	\$ 179,75	\$ 119,85	\$ 10.522,26	\$ 8.832,33	\$ 32.186,61	-\$ 23.354,28

## 10.3. BENEFICIO ASOCIADO A LAS TRANSACCIONES DE LOS DERECHOS DE AGUAS.

Para evaluar los beneficios asociados a la disponibilidad de recursos hídricos, se determina el valor del caudal equivalente medio asociado al proyecto. Estos valores se determinaron como el promedio del caudal efluente desde cada uno de los embalses considerados.

A pesar de las potenciales ventajas del mercado para asignar eficientemente los recursos, un mercado competitivo requiere un gran número de compradores y vendedores, transacciones frecuentes y perfecta información, entre otros requisitos. En Chile, el mercado del agua, si bien incipiente, aún no dispone de la madurez suficiente como para hacer representativas de mercado (excepto excepciones) los precios observados del agua. Asimismo, se observa una amplia varianza de precios, no obstante lo cual, ha funcionado en forma más adecuada en áreas con asociaciones de usuarios mejor administradas, con derechos de propiedad bien definidos, adecuada infraestructura de entrega (grandes reservorios y compuertas ajustables con medidores de flujo) y en zonas donde el agua enfrenta mayor restricción de escasez. En áreas sin tales

características, los altos costos de transacción limita el desarrollo del mercado del agua. Los mercados formales de transacciones se observan mayormente en el sector norte del país, donde el agua tiene mayor escasez relativa. Los mercados de arriendo de agua son menos comunes aún; éstos permiten el intercambio de los derechos por un período corto de tiempo (por ejemplo los ciclos de riego en la agricultura).

Un problema adicional en el uso de precios observados, es que los mercados pueden estar distorsionados por intervenciones públicas, como las políticas agrícolas diseñadas para influenciar los precios agrícolas.

Habiendo analizado los diferentes casos y estudios, en los que se comprueba una cierta homogeneidad en los valores, se ha decidido tomar como valor de referencia de la acción en litros por segundo: **\$ 1,366.666.67 \$/l/s.** que se corresponde con un valor medio de los tres anteriormente citados.

Con este valor se determinaron los beneficios diferenciales asociados a las transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas que se generarían debido al proyecto del Embalse de Quilmo, según el caudal asociado a cada escenario que se expone anteriormente. Esto se expone en la tabla 10-18.

**Tabla 10-18. Beneficios asociados a las transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas.5**

ESCENARIO	DEMANDAS DE RIEGO (l/s)	VALOR ACCION (Mill. de \$)	BENEFICIO VENTA ACCIONES (Mill. de \$)	COSTO TOTAL OBRAS (Mill. de \$)	BENEFICIO NETO (Mill. de \$)
1	\$ 1.198,41	\$ 1,367	\$ 1.637,83	\$ 29.148,75	-\$ 27.510,93
2	\$ 894,78	\$ 1,367	\$ 1.222,87	\$ 27.737,08	-\$ 26.514,22
3	\$ 1.395,03	\$ 1,367	\$ 1.906,54	\$ 30.342,36	-\$ 28.435,82
4	\$ 1.556,55	\$ 1,367	\$ 2.127,29	\$ 30.960,64	-\$ 28.833,35
5	\$ 1.853,37	\$ 1,367	\$ 2.532,94	\$ 32.186,61	-\$ 29.653,67

## 10.4. BENEFICIO ASOCIADO A LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

### 10.4.1. PARÁMETROS DE EVALUACIÓN

La determinación de los parámetros de evaluación económica se realiza considerando los siguientes parámetros básicos:

- Tasa de actualización anual: se consideran dos opciones el 6% social y el 10% privado.
- Impuesto 1ª categoría: 17%
- Operación y mantenimiento: en todo el periodo de análisis.
- Precio de la energía (monómico): 80 USD/MWh

- El ingreso por energía se calcula considerando la generación media anual.
- Horizonte de evaluación: 30 años.
- Inversión de acuerdo con cálculos de costos en cada caso.
- Costo peaje básico por uso SIC: 4 USD/MWh
- Pérdidas por transmisión: 0%
- Periodo de construcción: 2 años
- Ingresos por bonos de carbón: 6 USD/MWh, 21 años.
- Flujo de caja (ingresos y egresos) concentrados al final de cada año.
- Depreciación (exenta) sin considerar valor residual.
- Reconocimiento de potencia: no se considera.
- Los imprevistos se consideran como cero porque ya se han incluido en el costo de inversión, tal como se ha descrito anteriormente y no hay imprevistos adicionales.

En la evaluación económica, en principio, no se considera el costo de la línea eléctrica de conexión al SIC, en todas las alternativas evaluadas, con el fin de analizar la factibilidad teniendo en cuenta únicamente costos de la central hidroeléctrica y disponer así de un análisis más claro inicialmente.

#### **10.4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN**

En la tabla 10-19 se presenta el resumen de los cálculos correspondientes a la evaluación económica realizada para cada uno de los escenarios considerados.

Como se puede ver, el VAN es negativo en todos los casos, incluso en los que favorecen la hidrogenación y disponen de mayor volumen de embalse para ello. Obviamente, al adicionarle el costo de la línea eléctrica de conexión al SIC el resultado económico empeorará.

**Tabla 10-19. Resumen de resultados de la evaluación económica.**

ESCENARIO	TASA	TIR ( % )	VAN ( US\$ )	VAN/INV
ESCENARIO 01	6%	0.52%	-489,208	-0.444
	10%	0.52%	-619,618	-0.562
ESCENARIO 02	6%	0.33%	-468,920	-0.456
	10%	0.33%	-586,178	-0.570
ESCENARIO 03	6%	0.58%	-548,110	-0.440
	10%	0.58%	-697,228	-0.559
ESCENARIO 04	6%	0.52%	-584,071	-0.444
	10%	0.52%	-739,375	-0.562
ESCENARIO 05	6%	0.37%	-658,490	-0.453
	10%	0.37%	-825,285	-0.568
ESCENARIO 01 -H01	6%	1.10%	-589,246	-0.406
	10%	1.10%	-780,486	-0.537
ESCENARIO 02 -H01	6%	1.37%	-562,325	-0.387
	10%	1.37%	-763,068	-0.525
ESCENARIO 01B	6%	0.55%	-487,053	-0.442
	10%	0.55%	-618,200	-0.560
ESCENARIO 01C	6%	0.67%	-511,364	-0.434
	10%	0.67%	-654,559	-0.556
ESCENARIO 01D	6%	0.64%	-513,442	-0.436
	10%	0.64%	-655,882	-0.557
ESCENARIO 01 -H01B	6%	0.80%	-618,199	-0.426
	10%	0.80%	-799,218	-0.550
ESCENARIO 01 -H01C	6%	0.05%	-678,617	-0.473
	10%	0.05%	-833,124	-0.581

### 10.5. COSTO OBRAS DE LA PRESA

Los costos asociados a las obras de embalse incluyen los costos asociados a la materialización de un embalse incluyendo la presa, obras anexas e interferencias. También se incluyen los costos para la totalidad de la red de riego asociada a cada escenario y tamaños de proyecto.

Los costos de expropiaciones se determinaron en base a las superficies de terrenos obtenidas del Estudio de Tenencia de la Tierra. Se distinguieron dos tipos de terreno a expropiar; suelos forestales y suelos agrícolas, asociados a las áreas de inundación de cada sitio de embalse y a las fajas de canales de trasvase proyectados.

Se estimaron los costos de mitigación de los impactos ambientales asociados a las obras de embalse y a los canales de riego durante la construcción y operación de éstos.

A partir de las mediciones y cubriciones realizadas para las distintas alternativas se obtienen los costos de inversión correspondientes una vez aplicado el cuadro de precios unitario.

A continuación se presentan los **costos directos privados** de las alternativas planteadas para las distintas alturas de presa.

**Tabla 10-20. Costos directos privados y cubrición de presa cota coronación 100,50 msnm**

PRESUPUESTO (COSTOS DIRECTOS PRIVADOS)						
PRESA QUILMO MATERIALES SUELTOS COTA CORONACIÓN 100,50 msnm						
ITEM	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (Pesos)	IMPORTE (Pesos)
<b>A.1.-</b>		<b>MURO PRESA</b>				<b>4.436.148.316</b>
A.1.1.-	1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	23.015,00	1.300	29.914.013
A.1.2.-	2	EXCAVACIÓN PLATAFORMA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	212.225,32	2.080	441.413.659
A.1.3.-	3	EXCAVACIÓN PLATAFORMA ROCA	m <sup>3</sup>	2.143,69	8.860	18.993.811
A.1.4.-	4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	m <sup>3</sup>	26.212,08	34.200	896.457.000
A.1.5.-	5	MAT. FILTRO (RELLENO 2)	m <sup>3</sup>	48.046,02	7.846	376.963.083
A.1.6.-	6	MAT. SEMIPERMEABLE (RELLENO 1B)	m <sup>3</sup>	117.517,64	7.846	922.028.752
A.1.7.-	7	MAT. IMPERMEABLE (RELLENO 1A)	m <sup>3</sup>	207.368,44	7.846	1.626.986.914
A.1.8.-	8	MAT. ATAGUÍA Y CONTRATAGUÍA	m <sup>2</sup>	17.931,32	6.881	123.391.084
<b>A.2.-</b>		<b>IMPERMEABILIZACIÓN Y CONTROL SUBPRESIÓN PRESA</b>				<b>1.527.103.240</b>
A.2.1.-	9	TRANSPORTE, MONTAJE Y RETIRADA DE EQUIPO DE JET GROUTING	gl	1,00	16.885.250	16.885.250
A.2.2.-	10	CAMPO DE PRUEBAS DEFINICION PARAMETROS JET GROUTING	gl	1,00	44.605.112	44.605.112
A.2.3.-	11	PERFORACIÓN EN SUELO SIN INYECCIÓN PARA COLUMNA JET GROUTING	m	8.210,90	80.156	658.151.415
A.2.4.-	12	VELO SÚPER JET Ø 2,5 METROS SUMINISTRO CEMENTO HASTA 1700 KG	m	3.506,25	228.598	801.521.061
A.2.5.-	13	POZOS DRENANTES DE GRAVAS ENCAMISADOS	m	45,00	132.009	5.940.403
<b>A.3.-</b>		<b>VERTEDERO DE EXCEDENCIAS, Y SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ENTREGA</b>				<b>5.849.366.546</b>
A.3.1.-	14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	28.511,64	160.015	4.562.286.238
A.3.2.-	15	ENFIERRADURA	kg	1.425.581,89	831	1.184.577.009
A.3.3.-	16	REJA HIDRÁULICA	kg	1,00	3.020	3.020
A.3.4.-	17	TUBERÍA DE ENTREGA DEL EMBALSE D = 1000 m.	m	133,00	368.081	48.954.824
A.3.5.-	18	VÁLVULAS DE SEGURIDAD TIPO MARIPOSA	ud	1,00	22.116.706	22.116.706
A.3.6.-	19	CASA DE VÁLVULAS	ud	1,00	18.487.500	18.487.500
A.3.7.-	20	CÁMARA DE SALIDA DE LA TUBERÍA	ud	1,00	12.941.250	12.941.250
<b>A.4.-</b>		<b>AUSCULTACIÓN</b>				<b>114.622.500</b>
A.4.1.-	21	SUMINISTRO E INSTALACIÓN	gl	1,00	114.622.500	114.622.500
<b>A.6.-</b>		<b>INSTALACIÓN DE FAENAS</b>				<b>107.579.125</b>
A.6.1.-	38	INSTALACIÓN	m <sup>2</sup>	1,00	107.579.125	107.579.125
<b>A.7.-</b>		<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>				<b>325.297.254</b>
A.7.1.-	1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	14.794,50	1.300	19.229.323
A.7.2.-	2	EXCAVACIÓN PLATAFORMA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	10.869,90	2.080	22.608.623
A.7.3.-	28	RELLENO PROCEDENTE DE EXCAVACIÓN	m <sup>3</sup>	42.752,80	1.854	79.260.797
A.7.4.-	31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA	m <sup>3</sup>	10.788,60	7.846	84.646.011
A.7.5.-	39	SERVICIOS AFECTADOS (LÍNEAS ELÉCT., OBRAS HIDRÁULICAS, ...)	gl	1	119.552.500	119.552.500
<b>A.8.-</b>		<b>CONTROL DE CALIDAD</b>				<b>123.601.170</b>
A.8.1.-	43	CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	%	1	1,00%	123.601.170
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>						<b>12.483.718.150</b>

**Tabla 10-21. Costos directos privados y cubicación de presa cota coronación 101,50 msnm**

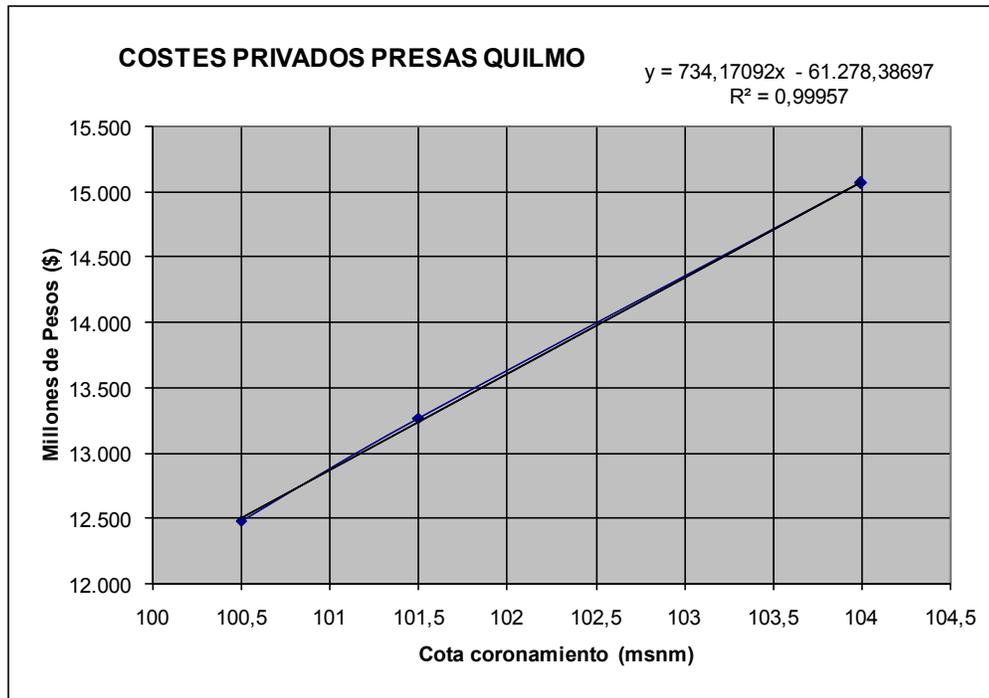
PRESUPUESTO (COSTOS DIRECTOS PRIVADOS)						
PRESA QUILMO MATERIALES SUELTOS COTA CORONACIÓN 101,50 msnm						
ITEM	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (Pesos)	IMPORTE (Pesos)
<b>A.1.-</b>		<b>MURO PRESA</b>				<b>4.917.134.849</b>
A.1.1.-	1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	25.351,97	1.300	32.951.510
A.1.2.-	2	EXCAVACIÓN PLATAFORMA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	224.119,09	2.080	466.151.865
A.1.3.-	3	EXCAVACIÓN PLATAFORMA ROCA	m <sup>3</sup>	2.263,83	8.860	20.058.284
A.1.4.-	4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	m <sup>3</sup>	27.652,32	34.200	945.713.385
A.1.5.-	5	MAT. FILTRO (RELLENO 2)	m <sup>3</sup>	51.905,82	7.846	407.246.591
A.1.6.-	6	MAT. SEMIPERMEABLE (RELLENO 1B)	m <sup>3</sup>	137.053,68	7.846	1.075.306.096
A.1.7.-	7	MAT. IMPERMEABLE (RELLENO 1A)	m <sup>3</sup>	235.323,14	7.846	1.846.316.034
A.1.8.-	8	MAT. ATAGUÍA Y CONTRATAGUÍA	m <sup>2</sup>	17.931,32	6.881	123.391.084
<b>A.2.-</b>		<b>IMPERMEABILIZACIÓN Y CONTROL SUBPRESIÓN PRESA</b>				<b>1.617.404.310</b>
A.2.1.-	9	TRANSPORTE, MONTAJE Y RETIRADA DE EQUIPO DE JET GROUTING	gl	1,00	16.885.250	16.885.250
A.2.2.-	10	CAMPO DE PRUEBAS DEFINICION PARAMETROS JET GROUTING	gl	1,00	44.605.112	44.605.112
A.2.3.-	11	PERFORACIÓN EN SUELO SIN INYECCIÓN PARA COLUMNA JET GROUTING	m	8.827,69	80.156	707.590.627
A.2.4.-	12	VELO SÚPER JET Ø 2,5 METROS SUMINISTRO CEMENTO HASTA 1700 KG	m	3.685,00	228.598	842.382.919
A.2.5.-	13	POZOS DRENANTES DE GRAVAS ENCAMISADOS	m	45,00	132.009	5.940.403
<b>A.3.-</b>		<b>VERTEDERO DE EXCEDENCIAS, Y SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ENTREGA</b>				<b>6.057.802.000</b>
A.3.1.-	14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	29.545,74	160.015	4.727.757.759
A.3.2.-	15	ENFIERRADURA	kg	1.477.286,93	831	1.227.540.942
A.3.3.-	16	REJA HIDRÁULICA	kg	1,00	3.020	3.020
A.3.4.-	17	TUBERÍA DE ENTREGA DEL EMBALSE D = 1000 m.	m	133,00	368.081	48.954.824
A.3.5.-	18	VÁLVULAS DE SEGURIDAD TIPO MARIPOSA	ud	1,00	22.116.706	22.116.706
A.3.6.-	19	CASA DE VÁLVULAS	ud	1,00	18.487.500	18.487.500
A.3.7.-	20	CÁMARA DE SALIDA DE LA TUBERÍA	ud	1,00	12.941.250	12.941.250
<b>A.4.-</b>		<b>AUSCULTACIÓN</b>				<b>114.622.500</b>
A.4.1.-	21	SUMINISTRO E INSTALACIÓN	gl	1,00	114.622.500	114.622.500
<b>A.6.-</b>		<b>INSTALACIÓN DE FAENAS</b>				<b>107.579.125</b>
A.6.1.-	35	INSTALACIÓN	m <sup>2</sup>	1,00	107.579.125	107.579.125
<b>A.7.-</b>		<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>				<b>324.925.070</b>
A.7.1.-	1	ESCARPE	m	14.794,50	1.300	19.229.323
A.7.2.-	2	EXCAVACIÓN PLATAFORMA MATERIAL COMÚN		10.869,90	2.080	22.608.623
A.7.3.-	28	RELLENO PROCEDENTE DE EXCAVACIÓN		42.752,80	1.854	79.260.797
A.7.4.-	31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA		10.788,60	7.846	84.646.011
A.7.5.-	37	SERVICIOS AFECTADOS (LÍNEAS ELÉCT., OBRAS HIDRÁULICAS, ...)	gl	1	119.180.316	119.180.316
<b>A.8.-</b>		<b>CONTROL DE CALIDAD</b>				<b>131.394.679</b>
A.8.1.-	43	CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	%		1,00%	131.394.679
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>						<b>13.270.862.533</b>

**Tabla 10-22. Costos directos privados y cubicación de presa cota coronación 104,00 msnm**

PRESUPUESTO (COSTOS DIRECTOS PRIVADOS)						
PRESA QUILMO MATERIALES SUELTOS COTA CORONACIÓN 104 msnm						
ITEM	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	MEDICIÓN	PRECIO UNITARIO (Pesos)	IMPORTE (Pesos)
<b>A.1.-</b>		<b>MURO PRESA</b>				<b>6.067.547.159</b>
A.1.1.-	1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	31.281,91	1.300	40.659.018
A.1.2.-	2	EXCAVACIÓN PLATAFORMA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	249.752,20	2.080	519.466.925
A.1.3.-	3	EXCAVACIÓN PLATAFORMA ROCA	m <sup>3</sup>	2.522,75	8.860	22.352.404
A.1.4.-	4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	m <sup>3</sup>	30.384,72	34.200	1.039.161.820
A.1.5.-	5	MAT. FILTRO (RELLENO 2)	m <sup>3</sup>	78.839,66	7.846	618.566.156
A.1.6.-	6	MAT. SEMIPERMEABLE (RELLENO 1B)	m <sup>3</sup>	177.917,31	7.846	1.395.917.048
A.1.7.-	7	MAT. IMPERMEABLE (RELLENO 1A)	m <sup>3</sup>	294.171,47	7.846	2.308.032.704
A.1.8.-	8	MAT. ATAGUÍA Y CONTRATAGUÍA	m <sup>2</sup>	17.931,32	6.881	123.391.084
<b>A.2.-</b>		<b>IMPERMEABILIZACIÓN Y CONTROL SUBPRESIÓN PRESA</b>				<b>1.655.329.115</b>
A.2.1.-	9	TRANSPORTE, MONTAJE Y RETIRADA DE EQUIPO DE JET GROUTING	gl	1,00	16.885.250	16.885.250
A.2.2.-	10	CAMPO DE PRUEBAS DEFINICION PARAMETROS JET GROUTING	gl	1,00	44.605.112	44.605.112
A.2.3.-	11	PERFORACIÓN EN SUELO SIN INYECCIÓN PARA COLUMNA JET GROUTING	m	9.104,76	80.156	729.799.332
A.2.4.-	12	VELO SÚPER JET Ø 2,5 METROS SUMINISTRO CEMENTO HASTA 1700 K	m	3.753,75	228.598	858.099.018
A.2.5.-	13	POZOS DRENANTES DE GRAVAS ENCAMISADOS	m	45,00	132.009	5.940.403
<b>A.3.-</b>		<b>VERTEDERO DE EXCEDENCIAS, Y SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ENTREGA</b>				<b>6.647.382.906</b>
A.3.1.-	14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	32.470,80	160.015	5.195.810.806
A.3.2.-	15	ENFIERRADURA	kg	1.623.539,91	831	1.349.068.800
A.3.3.-	16	REJA HIDRÁULICA	kg	1,00	3.020	3.020
A.3.4.-	17	TUBERÍA DE ENTREGA DEL EMBALSE D = 1000 m.	m	133,00	368.081	48.954.824
A.3.5.-	18	VÁLVULAS DE SEGURIDAD TIPO MARIPOSA	ud	1,00	22.116.706	22.116.706
A.3.6.-	19	CASA DE VÁLVULAS	ud	1,00	18.487.500	18.487.500
A.3.7.-	20	CÁMARA DE SALIDA DE LA TUBERÍA	ud	1,00	12.941.250	12.941.250
<b>A.4.-</b>		<b>AUSCULTACIÓN</b>				<b>114.622.500</b>
A.4.1.-	21	SUMINISTRO E INSTALACIÓN	gl	1,00	114.622.500	114.622.500
<b>A.6.-</b>		<b>INSTALACIÓN DE FAENAS</b>				<b>107.579.125</b>
A.6.1.-	38	INSTALACIÓN	m <sup>2</sup>	1,00	107.579.125	107.579.125
<b>A.7.-</b>		<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>				<b>324.925.070</b>
A.7.1.-	1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	14.794,50	1.300	19.229.323
A.7.2.-	2	EXCAVACIÓN PLATAFORMA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	10.869,90	2.080	22.608.623
A.7.3.-	28	RELLENO PROCEDENTE DE EXCAVACIÓN	m <sup>3</sup>	42.752,80	1.854	79.260.797
A.7.4.-	31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA	m <sup>3</sup>	10.788,60	7.846	84.646.011
A.7.5.-	39	SERVICIOS AFECTADOS (LÍNEAS ELÉCT., OBRAS HIDRÁULICAS, ...)	gl	1	119.180.316	119.180.316
<b>A.8.-</b>		<b>CONTROL DE CALIDAD</b>				<b>149.173.859</b>
A.8.1.-	43	CONTROL DE CALIDAD DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	%		1,00%	149.173.859
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>						<b>15.066.559.733</b>

Obtenidos los costos directos de tres de las alternativas en estudio, se han analizado en conjunto ajustando una línea de tendencia lineal para obtener los costos directos dependientes de la altura de muro. A continuación se represente el ajuste y la ecuación obtenida:

**Figura 10-12. Relación costo directo privado – cota coronación muro.**



A continuación se aporta la tabla 10- 23 como resumen de los costos privados:

**Tabla 10-23. Costos directos privados para todas las alturas de muro estudiadas**

Cota Coronación muro (msmn)	Costo Directo Privado (Millones \$)
100,50	12.483,718
101,50	13.270,863
102,00	13.607,044
102,50	13.974,130
103,00	14.341,215
104,00	15.066,560

De igual forma se han elaborado los costes directos sociales para las distintas alturas de muro estudiadas, que han sido incluidos en el SubAnexo N°2 del Anexo I.

A continuación se aporta la tabla 10-24 como resumen de los costos sociales:

**Tabla 10-24. Costos directos sociales para todas las alturas de muro estudiadas**

<b>Cota Coronación muro (msmn)</b>	<b>Costo Directo Social (Millones \$)</b>
100,50	12.289,551
101,50	12.938,675
102,00	13.309,079
102,50	13.654,799
103,00	14.000,518
104,00	14.699,010

#### **10.6. COSTOS OBRAS DE RED DE RIEGO.**

Se ha obtenido el costo de directo de construcción de los canales matrices y derivados, y sus obras complementarias, para el suministro de agua a las distintas superficies de riego planteadas.

Se ha estudiado de manera exhaustiva la red de canales necesaria para abastecer a los predios incluidos en los escenarios 1 y 2, pues son aquellos que por las condiciones de la orografía del terreno y los condicionantes hidráulicos (red de canales con flujo en lámina libre), presentan las mejores condiciones para su puesta en regadío. Para el resto de escenarios, como ya se ha indicado en el apartado anterior, se adoptarán los costos del escenario 1 y se incrementarán los costos prediales para tener en cuenta las obras complementarias que permitan regar los predios situados por encima de la cota de los canales.

A continuación se presentan los costos directos privados de la red de distribución de canales para dar servicio al escenario 1 (demandas 1 y 2) y al escenario 2 (demandas 1, 2 y 3) en las tablas 10-25 a 10-30.

**Tabla 10-25. Costos directos privados y cubicación de canales para riego escenario 1**

PRESUPUESTO PRECIOS PRIVADOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN PRESA PARA RIEGO ESCENARIO 1 (DEMANDAS 1,2 Y 3)			MEDICIÓN								
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	TOTAL	PRECIO	CANAL MD	CANAL MI	DRENAJE	CANAL D1	CANAL D2	CANAL D3	TOTAL
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>											
22	DESBROCE PRADERA	m <sup>2</sup>	194.363	283	14.562.052	37.408.587		779.560	999.987	1.254.464	55.004.649
23	DESBROCE BOSQUE	m <sup>2</sup>	167.574	1.095	40.323.742	133.048.394		2.600.582	3.335.919	4.184.845	183.493.481
24	DESTOCÓNADO	ud	18.477	1.253	5.877.823	15.997.051		328.123	420.903	528.014	23.151.914
25	TALADO	ud	0	4.859							0
26	EXCAVACIÓN ZANJA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	126.550	3.597	189.658.384	232.551.758	8.340.724	6.333.152	8.123.906	10.191.279	455.199.203
27	EXCAVACIÓN ZANJA EN ROCA	m <sup>3</sup>	104.615	9.127	394.976.616	487.184.538	21.163.688	13.232.417	16.973.997	21.293.545	954.824.801
28	RELLENO PROCEDENTE EXCAVACIÓN	m <sup>3</sup>	302.240	1.854	193.596.384	330.772.075	5.372.238	7.865.527	10.089.572	12.657.170	560.352.966
29	REVESTIMIENTO PLÁSTICO	m <sup>2</sup>		2.892							
30	HORMIGÓN H-20 REVESTIMIENTO CANALES	m <sup>2</sup>		5.898							
31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA	m <sup>3</sup>	40.041	7.846	53.659.579	229.104.142	14.892.728	4.241.456	5.440.764	6.825.331	314.163.999
32	TUBO HDPE Ø500 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	1.947	196.625			382.789.550				382.789.550
33	TUBO HDPE Ø630 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	64	204.020		12.241.200		183.618	235.538	295.477	12.955.833
34	TUBO HDPE Ø710 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	445	189.230	11.353.800	68.122.800		1.192.149	1.529.239	1.918.401	84.116.389
35	TUBO HDPE Ø800 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	48	218.810	3.282.150	6.564.300		147.697	189.459	237.673	10.421.279
36	TUBO HDPE Ø900 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	106	223.740		22.374.000		335.610	430.507	540.062	23.680.179
37	AFORO	ud	6	2.483.249	7.449.747	7.449.747		297.990	382.249	479.524	16.059.257
1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	27.067,10	1.300,00	11.494.080	21.752.250		498.694,95	639.705,25	802.497,62	35.187.227,82
4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	m <sup>3</sup>	121,43	34.200,00	8.550	8.550,00	4.134.780,00	256,50	329,03	412,76	4.152.878,29
14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	60,25	160.015,00	336.032	336.031,50	8.928.837,00	10.080,95	12.931,42	16.222,21	9.640.134,57
15	ENFIERRADURA	kg	3.614,71	831,00	104.706	104.706,00	2.782.188,00	3.141,18	4.029,38	5.054,77	3.003.825,33
<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>											
41	REPOSICIÓN CARRETERA AFECTADA POR CANALES	m	149	218.811	12.800.444	19.692.990					32.493.434
42	SERVICIOS AFECTADOS. PASO HINCADO EN CANALES.	ud	12	65.977.472	263.909.888	527.819.776					791.729.664
					1.203.393.975	2.152.532.896	448.404.733	38.050.054	48.809.035	61.229.972	3.952.420.665

**Tabla 10-26. Costos directos privados y cubicación de canales para riego escenario 2**

PRESUPUESTO PRECIOS PRIVADOS CANALES DE DISTRIBUCIÓN PRESA PARA RIEGO ESCENARIO 2 (DEMANDAS 1 Y 2)			MEDICIÓN						
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	TOTAL	PRECIO	CANAL MD	CANAL MI	DRENAJE	CANAL D1	CANAL D2	TOTAL
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>									
22	DESBROCE PRADERA	189.930	283	14.562.052	37.408.587		779.560	999.987	53.750.186
23	DESBROCE BOSQUE	163.752	1.095	40.323.742	133.048.394		2.600.582	3.335.919	179.308.637
24	DESTOCONADO	18.056	1.253	5.877.823	15.997.051		328.123	420.903	22.623.900
25	TALADO		4.859						
26	EXCAVACIÓN ZANJA MATERIAL COMÚN	123.716	3.597	189.658.384	232.551.758	8.340.724	6.333.152	8.123.906	445.007.924
27	EXCAVACIÓN ZANJA EN ROCA	102.282	9.127	394.976.616	487.184.538	21.163.688	13.232.417	16.973.997	933.531.256
28	RELLENO PROCEDENTE EXCAVACIÓN	295.413	1.854	193.596.384	330.772.075	5.372.238	7.865.527	10.089.572	547.695.797
29	REVESTIMIENTO PLÁSTICO		2.892						
30	HORMIGÓN H-20 REVESTIMIENTO CANALES		5.898						
31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA	39.171	7.846	53.659.579	229.104.142	14.892.728	4.241.456	5.440.764	307.338.668
32	TUBO HDPE Ø500 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	1.947	196.625			382.789.550	0	0	382.789.550
33	TUBO HDPE Ø630 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	62	204.020		12.241.200	0	183.618	235.538	12.660.356
34	TUBO HDPE Ø710 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	434	189.230	11.353.800	68.122.800	0	1.192.149	1.529.239	82.197.988
35	TUBO HDPE Ø800 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	47	218.810	3.282.150	6.564.300	0	147.697	189.459	10.183.606
36	TUBO HDPE Ø900 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	103	223.740		22.374.000	0	335.610	430.507	23.140.117
37	AFORO	6	2.483.249	7.449.747	7.449.747	0	297.990	382.249	15.579.733
1	ESCARPE	26.449,79	1.300,00	11.494.080	21.752.250	0,00	498.694,95	639.705,25	34.384.730,20
4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	121,42	34.200,00	8.550	8.550,00	4.134.780,00	256,50	329,03	4.152.465,53
14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	60,14	160.015,00	336.032	336.031,50	8.928.837,00	10.080,95	12.931,42	9.623.912,36
15	ENFIERRADURA	3.608,63	831,00	104.706	104.706,00	2.782.188,00	3.141,18	4.029,38	2.998.770,56
<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>									
41	REPOSICIÓN CARRETERA AFECTADA POR CANALES	149	218.811	12.800.444	19.692.990				32.493.434
42	SERVICIOS AFECTADOS. PASO HINCADO EN CANALES.	12	65.977.472	263.909.888	527.819.776				791.729.664

1.203.393.975    2.152.532.896    448.404.733    38.050.054    48.809.035    3.891.190.693

**Tabla 10-27. Costos directos privados por escenarios**

ESCENARIO	VOLUMEN EMBALSE NME (hm <sup>3</sup> )	NIVEL MÁX. EXPLOTACIÓN (m)	COTA CORONAMIENTO (msnm)	DEMANDAS DE RIEGO CONSIDERADAS	COSTO CANALES (Pesos)	SUPERFICIE REGABLE TOTAL (ha)
1	8,213	96,50	101,50	1, 2, 3	3.952.420.665	<b>953,71</b>
2	6,744	95,50	100,50	1, 2	3.891.190.693	<b>673,71</b>
3	9,810	97,50	102,50	1, 2, 3, 5	3.952.420.665	<b>1.153,71</b>
4	10,608	98,00	103,00	1, 2, 3, 6	3.952.420.665	<b>1.353,71</b>
5	12,474	99,00	104,00	1, 2, 3, 7	3.952.420.665	<b>1.753,71</b>

**Tabla 10-28. Costos directos sociales y cubicación de canales para riego escenario 1**

PRESUPUESTO PRECIOS SOCIALES CANALES DE DISTRIBUCIÓN PRESA PARA RIEGO ESCENARIO 1 (DEMANDAS 1,2 Y 3)				MEDICIÓN								
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	TOTAL	PRECIO	CANAL MD	CANAL MI	DRENAJE	CANAL D1	CANAL D2	CANAL D3	TOTAL	
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>												
22	DESBROCE PRADERA	m <sup>2</sup>	189.930	282	14.510.596	37.276.401		776.805	996.453	1.250.031	54.810.287	
23	DESBROCE BOSQUE	m <sup>2</sup>	163.752	1.092	40.213.266	132.683.878		2.593.457	3.326.780	4.173.379	182.990.760	
24	DESTOCÓNADO	ud	18.056	1.249	5.859.059	15.945.983		327.076	419.559	526.329	23.078.005	
25	TALADO	ud		4.844							0	
26	EXCAVACIÓN ZANJA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	123.716	3.547	187.022.043	229.319.179	8.224.784	6.245.118	8.010.979	10.049.616	448.871.719	
27	EXCAVACIÓN ZANJA EN ROCA	m <sup>3</sup>	102.282	9.000	389.480.612	480.405.483	20.869.200	13.048.291	16.737.808	20.997.251	941.538.645	
28	RELLENO PROCEDENTE EXCAVACIÓN	m <sup>3</sup>	295.413	1.542	161.017.057	275.108.166	4.468.172	6.541.878	8.391.651	10.527.161	466.054.085	
29	REVESTIMIENTO PLÁSTICO	m <sup>2</sup>		2.846								
30	HORMIGÓN H-20 REVESTIMIENTO CANALES	m <sup>2</sup>		5.810								
31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA	m <sup>3</sup>	39.171	7.800	53.344.980	227.760.936	14.805.414	4.216.589	5.408.866	6.785.315	312.322.100	
32	TUBO HDPE Ø600 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	1.947	196.165			381.894.022				381.894.022	
33	TUBO HDPE Ø630 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	62	203.248		12.194.880		182.923	234.646	294.359	12.906.809	
34	TUBO HDPE Ø710 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	434	188.634	11.318.040	67.908.240		1.188.394	1.524.423	1.912.358	83.851.456	
35	TUBO HDPE Ø800 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	47	218.261	3.273.915	6.547.830		147.326	188.984	237.077	10.395.132	
36	TUBO HDPE Ø900 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	103	223.276		22.327.600		334.914	429.614	538.942	23.631.070	
37	AFORO	ud	6	2.344.310	7.032.930	7.032.930		281.317	360.862	452.694	15.160.734	
1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	26.449,79	1.296,00	11.458.714	21.685.320		497.160,50	637.736,92	800.028,40	35.078.959,42	
4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	m <sup>3</sup>	121,42	34.000,00	8.500	8.500,00	4.110.600,00	255,00	327,10	410,34	4.128.592,45	
14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	60,14	157.614,00	330.989	330.989,40	8.794.861,20	9.929,68	12.737,39	15.978,80	9.495.485,87	
15	ENFIERRADURA	kg	3.608,63	811,00	102.186	102.186,00	2.715.228,00	3.065,58	3.932,40	4.933,12	2.931.531,10	
<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>												
41	REPOSICIÓN CARRETERA AFECTADA POR CANALES	m	149	218.130	12.760.605	19.631.700					32.392.305	
42	SERVICIOS AFECTADOS. PASO HINCADO EN CANALES.	ud	12	65.772.075	263.088.300	526.176.600					789.264.900	
					1.160.821.792	2.082.446.801	445.882.281	36.394.500	46.685.359	58.565.862	3.830.796.595	

**Tabla 10-29. Costos directos sociales y cubicación de canales para riego escenario 2**

PRESUPUESTO PRECIOS SOCIALES CANALES DE DISTRIBUCIÓN PRESA PARA RIEGO ESCENARIO 2 (DEMANDAS 1 Y 2)			MEDICIÓN							
CÓDIGO	DESIGNACIÓN	UNIDAD	TOTAL	PRECIO	CANAL MD	CANAL MI	DRENAJE	CANAL D1	CANAL D2	TOTAL
<b>SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN</b>										
22	DESBROCE PRADERA	m <sup>2</sup>	189.930	282	14.510.596	37.276.401		776.805	996.453	53.560.256
23	DESBROCE BOSQUE	m <sup>2</sup>	163.752	1.092	40.213.266	132.683.878		2.593.457	3.326.780	178.817.380
24	DESTOCONADO	ud	18.056	1.249	5.859.059	15.945.983		327.076	419.559	22.551.677
25	TALADO	ud		4.844						
26	EXCAVACIÓN ZANJA MATERIAL COMÚN	m <sup>3</sup>	123.716	3.547	187.022.043	229.319.179	8.224.784	6.245.118	8.010.979	438.822.103
27	EXCAVACIÓN ZANJA EN ROCA	m <sup>3</sup>	102.282	9.000	389.480.612	480.405.483	20.869.200	13.048.291	16.737.808	920.541.394
28	RELLENO PROCEDENTE EXCAVACIÓN	m <sup>3</sup>	295.413	1.542	161.017.057	275.108.166	4.468.172	6.541.878	8.391.651	455.526.925
29	REVESTIMIENTO PLÁSTICO	m <sup>2</sup>		2.846						
30	HORMIGÓN H-20 REVESTIMIENTO CANALES	m <sup>2</sup>		5.810						
31	ZAHORRA ARTIFICIAL COMPACTADA	m <sup>3</sup>	39.171	7.800	53.344.980	227.760.936	14.805.414	4.216.589	5.408.866	305.536.784
32	TUBO HDPE Ø500 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	1.947	196.165			381.894.022			381.894.022
33	TUBO HDPE Ø630 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	62	203.248		12.194.880		182.923	234.646	12.612.450
34	TUBO HDPE Ø710 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	434	188.634	11.318.040	67.908.240		1.188.394	1.524.423	81.939.097
35	TUBO HDPE Ø800 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	47	218.261	3.273.915	6.547.830		147.326	188.984	10.158.055
36	TUBO HDPE Ø900 mm P.P. CODOS Y ARQUETAS DE REGISTRO	m	103	223.276		22.327.600		334.914	429.614	23.092.128
37	AFORO	ud	6	2.344.310	7.032.930	7.032.930		281.317	360.862	14.708.039
1	ESCARPE	m <sup>3</sup>	26.449,79	1.296,00	11.458.714	21.685.320		497.160,50	637.736,92	34.278.931,03
4	ENROCADO Y TRANSPORTE (RELLENO 3)	m <sup>3</sup>	121,42	34.000,00	8.500	8.500,00	4.110.600,00	255,00	327,10	4.128.182,10
14	HORMIGÓN H-30 ESTRUCTURAS	m <sup>3</sup>	60,14	157.614,00	330.989	330.989,40	8.794.861,20	9.929,68	12.737,39	9.479.507,07
15	ENFIERRADURA	kg	3.608,63	811,00	102.186	102.186,00	2.715.228,00	3.065,58	3.932,40	2.926.597,98
<b>SERVICIOS AFECTADOS</b>										
41	REPOSICIÓN CARRETERA AFECTADA POR CANALES	m	149	218.130	12.760.605	19.631.700				32.392.305
42	SERVICIOS AFECTADOS. PASO HINCADO EN CANALES.	ud	12	65.772.075	263.088.300	526.176.600				789.264.900
					1.160.821.792	2.082.446.801	445.882.281	36.394.500	46.685.359	3.772.230.733

**Tabla 10-30. Costos directos sociales por escenarios**

ESCENARIO	VOLUMEN EMBALSE NME (hm <sup>3</sup> )	NIVEL MÁX. EXPLOTACIÓN (m)	COTA CORONAMIENTO (msnm)	DEMANDAS DE RIEGO CONSIDERADAS	COSTO CANALES (Pesos)	SUPERFICIE REGABLE TOTAL (ha)
1	8,213	96,50	101,50	1, 2, 3	3.830.796.595	<b>953,71</b>
2	6,744	95,50	100,50	1, 2	3.772.230.733	<b>673,71</b>
3	9,810	97,50	102,50	1, 2, 3, 5	3.830.796.595	<b>1.153,71</b>
4	10,608	98,00	103,00	1, 2, 3, 6	3.830.796.595	<b>1.353,71</b>
5	12,474	99,00	104,00	1, 2, 3, 7	3.830.796.595	<b>1.753,71</b>

## 10.7. RESUMEN DE COSTOS POR ESCENARIO Y SUPERFICIE DE RIEGO.

En el modelo de simulación se han planteado 5 escenarios asociados a distintas superficies regables que han dado como resultado 5 alturas de muro. A continuación se presentan los costos totales privados y sociales de las alternativas estudiadas:

**Tabla 10-31. Costos totales privados alternativas de muro**

COTOS TOTALES PRIVADOS ESCENARIOS	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5
<b>DATOS TÉCNICOS</b>					
COTA CORONAMIENTO PRESA	<b>101,50</b>	<b>100,50</b>	<b>102,50</b>	<b>103,00</b>	<b>104,00</b>
NIVEL MÁXIMO EXPLOTACIÓN	96,50	95,50	97,50	98,00	99,00
SUPERFICIE REGABLE (ha)	953,71	673,71	1.153,71	1.353,71	1.753,71
VOLUMEN EMBALSE NME (hm3)	8,213	6,744	9,810	10,608	12,474
<b>COSTOS DIRECTOS (\$)</b>	<b>17.687.030.697</b>	<b>16.838.656.342</b>	<b>18.390.297.795</b>	<b>18.757.383.255</b>	<b>19.482.727.898</b>
EMBALSE	13.270.862.533	12.483.718.150	13.974.129.630	14.341.215.090	15.066.559.733
CANALES	3.952.420.665	3.891.190.693	3.952.420.665	3.952.420.665	3.952.420.665
MEDIDAS AMBIENTALES Y SOCIALES	463.747.500	463.747.500	463.747.500	463.747.500	463.747.500
<b>OTROS COSTES</b>	<b>10.612.218.418</b>	<b>10.103.193.805</b>	<b>11.034.178.677</b>	<b>11.254.429.953</b>	<b>11.689.636.739</b>
COSTES GENERALES Y UTILIDADES (\$)	45% 7.959.163.814	7.577.395.354	8.275.634.008	8.440.822.465	8.767.227.554
IMPREVISTOS (\$)	15% 2.653.054.605	2.525.798.451	2.758.544.669	2.813.607.488	2.922.409.185
SUBSIDIOS (\$)	0% 0	0	0	0	0
<b>COSTOS TOTALES (\$)</b>	<b>28.299.249.116</b>	<b>26.941.850.148</b>	<b>29.424.476.471</b>	<b>30.011.813.207</b>	<b>31.172.364.637</b>
COSTO POR HECTÁREA DE RIEGO (\$/ha)	29.672.803	39.990.278	25.504.222	22.170.046	17.775.097
COSTO POR M3 EMBALSADO NME (\$/M3)	3.446	3.995	2.999	2.829	2.499
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN (\$)</b>	<b>17.170.000</b>	<b>17.170.000</b>	<b>17.170.000</b>	<b>17.170.000</b>	<b>17.170.000</b>
COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACION PRESA	12.750.000	12.750.000	12.750.000	12.750.000	12.750.000
COSTO DE MANTENIMIENTO RED DE CANALES	1.870.000	1.870.000	1.870.000	1.870.000	1.870.000
COSTO DE OPERACIÓN RED DE CANALES	2.550.000	2.550.000	2.550.000	2.550.000	2.550.000
<b>EXPROIACIONES (\$)</b>	<b>849.505.260</b>	<b>795.231.125</b>	<b>917.881.440</b>	<b>948.822.797</b>	<b>1.014.244.450</b>

**Tabla 10-32. Costos totales sociales alternativas de muro**

COTOS TOTALES SOCIALES ESCENARIOS	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4	ESCENARIO 5
<b>DATOS TÉCNICOS</b>					
COTA CORONAMIENTO PRESA	101,50	100,50	102,50	103,00	104,00
NIVEL MÁXIMO EXPLOTACIÓN	96,50	95,50	97,50	98,00	99,00
SUPERFICIE REGABLE (ha)	953,71	673,71	1.153,71	1.353,71	1.753,71
VOLUMEN EMBALSE NME (hm3)	8,213	6,744	9,810	10,608	12,474
<b>COSTOS DIRECTOS (\$)</b>	<b>17.231.775.290</b>	<b>16.524.085.823</b>	<b>17.947.899.030</b>	<b>18.293.618.765</b>	<b>18.992.110.864</b>
EMBALSE	12.938.674.905	12.289.551.300	13.654.798.645	14.000.518.380	14.699.010.478
CANALES	3.830.796.595	3.772.230.733	3.830.796.595	3.830.796.595	3.830.796.595
MEDIDAS AMBIENTALES Y SOCIALES	462.303.790	462.303.790	462.303.790	462.303.790	462.303.790
<b>OTROS COSTES</b>	<b>10.339.065.174</b>	<b>9.914.451.494</b>	<b>10.768.739.418</b>	<b>10.976.171.259</b>	<b>11.395.266.518</b>
COSTES GENERALES Y UTILIDADES (\$)	45% 7.754.298.881	7.435.838.621	8.076.554.564	8.232.128.444	8.546.449.889
IMPREVISTOS (\$)	15% 2.584.766.294	2.478.612.874	2.692.184.855	2.744.042.815	2.848.816.630
SUBSIDIOS (\$)	0% 0	0	0	0	0
<b>COSTOS TOTALES (\$) (sin expropiaciones)</b>	<b>27.570.840.465</b>	<b>26.438.537.317</b>	<b>28.716.638.449</b>	<b>29.269.790.025</b>	<b>30.387.377.382</b>
COSTO POR HECTÁREA DE RIEGO (\$/ha)	28.909.040	39.243.202	24.890.690	21.621.906	17.327.481
COSTO POR M3 EMBALSADO NME (\$/M3)	3.357	3.920	2.927	2.759	2.436
<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN (\$)</b>	<b>15.078.083</b>	<b>15.078.083</b>	<b>15.078.083</b>	<b>15.078.083</b>	<b>15.078.083</b>
COSTO DE MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN PRESA	11.214.000	11.214.000	11.214.000	11.214.000	11.214.000
COSTO DE MANTENIMIENTO RED DE CANALES	1.804.550	1.804.550	1.804.550	1.804.550	1.804.550
COSTO DE OPERACIÓN RED DE CANALES	2.059.533	2.059.533	2.059.533	2.059.533	2.059.533
<b>EXPROPIACIONES (\$)</b>	<b>849.505.260</b>	<b>795.231.125</b>	<b>917.881.440</b>	<b>948.822.797</b>	<b>1.014.244.450</b>

## 10.8. ANÁLISIS FINANCIERO

Con el objetivo de caracterizar productiva y económicamente los predios, se efectuó para cada uno de ellos la proyección del desarrollo de cultivos, los que llevan implícito los márgenes brutos y costos agrícolas (gastos indirectos, costos financieros, impuestos, capital de trabajo, amortización de crédito, habilitación de terrenos, asistencia técnica, riego tecnificado y rentabilidad predial de sustento).

El flujo de caja se realizó para un horizonte de 30 años, el cual corresponde al período de evaluación del proyecto.

El ítem denominado rentabilidad predial o sustento familiar corresponde a una proporción de la utilidad diferencial entre las situaciones Con Proyecto y Sin Proyecto, cuyo destino corresponde a los gastos mínimos atribuibles al sustento familiar. Para estos efectos, el monto estimado es de 10%.

En cada flujo de caja de la situación Con Proyecto y actual sin proyecto, están incluidos los costos de transferencia tecnológica, inversiones intraprediales y sus costos de mantención, impuestos y los requerimientos de capital de trabajo.

Los resultados de este análisis financiero, aparece calculada por estratos, dentro de la situación con Proyecto en los anexos digitales Anexo 3.1.7 Flujos SCP s-pp.

Del cálculo de los flujos diferenciales entre la SSP y SCP y la diferencia con la utilidad disponible se obtiene la utilidad disponible que sirve de base para calcular la capacidad de pago de cada predio.

Con la capacidad de pago de cada predio promedio con respecto al costo de la obra se determinan las necesidades de subsidios.

El valor a subsidiar por el estado a coste 0 para el agricultor comprende a la diferencia entre el valor a pagar y la capacidad de pago de que se vaya a disponer en la nueva situación con Proyecto.

En las tablas 5-33 y 5-34 se aportan sendos resúmenes del cálculo del valor a pagar, la capacidad de pago y la necesidad de subsidio de cada estrato.

**Tabla 5-33. Valor a pagar, capacidad de pago y necesidad de subsidio según predios promedio (precios privados)**

ESTR	NIVEL	VALOR A PAGAR (\$/HA)	SUP (HA)	VALOR A PAGAR TOTAL (\$)	CAPACIDAD PAGO (\$/HA)	CAPACIDAD PAGO TOTAL (\$)	VALOR A SUBSIDIAR TOTAL (\$)	SUBSID (%)
0-3 ha	Bajo	\$ 3.483.505	0,20	\$ 679.283	\$ 0	\$ 0	\$ 679.283	100,0%
3-12 ha	Bajo	\$ 3.483.505	5,92	\$ 20.610.206	\$ 713.439	\$ 4.221.071	\$ 16.389.135	79,5%
	Medio	\$ 3.483.505	7,23	\$ 25.190.107	\$ 337.267	\$ 2.438.862	\$ 22.751.245	90,3%
12-50 ha	Bajo	\$ 3.483.505	23,97	\$ 83.504.615	\$ 336.286	\$ 8.061.256	\$ 75.443.359	90,3%
	Medio	\$ 3.483.505	25,87	\$ 90.122.010	\$ 1.096.057	\$ 28.356.158	\$ 61.765.852	68,5%
50-100 ha	Medio	\$ 3.483.505	65,93	\$ 229.660.344	\$ 981.090	\$ 64.681.250	\$ 164.979.094	71,8%
	Alto	\$ 3.483.505	60,72	\$ 211.535.392	\$ 351.103	\$ 21.320.655	\$ 190.214.738	89,9%
> 100 ha	Medio	\$ 3.483.505	192,04	\$ 668.975.532	\$ 984.247	\$ 189.015.718	\$ 479.959.814	71,7%
	Alto	\$ 3.483.505	211,98	\$ 738.432.029	\$ 1.365.895	\$ 289.541.794	\$ 448.890.234	60,8%
<b>TOTALES</b>		<b>\$ 31.351.545</b>	<b>\$ 594</b>	<b>\$ 2.068.709.519</b>	<b>\$ 6.165.382</b>	<b>\$ 607.636.764</b>	<b>\$ 1.461.072.756</b>	<b>80,3%</b>

**Tabla 5-34. Valor a pagar, capacidad de pago y necesidad de subsidio según predios promedio (precios sociales)**

EST	NIVEL	VALOR A PAGAR (\$/HA)	SUP (HA)	VALOR A PAGAR TOTAL (\$)	CAPACIDAD PAGO (\$/HA)	CAPACIDAD PAGO TOTAL (\$)	VALOR A SUBSIDIAR TOTAL (\$)	SUBSID (%)
0-3 ha	Bajo	\$ 3.420.294	0,23	\$ 794.739	-\$ 854.746	-\$ 198.609	\$ 993.347	125,0%
3-12 ha	Bajo	\$ 3.420.294	5,92	\$ 20.236.217	\$ 957.217	\$ 5.663.387	\$ 14.572.829	72,0%
	Medio	\$ 3.420.294	23,97	\$ 81.989.353	\$ 500.334	\$ 11.993.723	\$ 69.995.630	85,4%
12-50 ha	Bajo	\$ 3.420.294	23,97	\$ 81.989.353	\$ 524.903	\$ 12.582.672	\$ 69.406.681	84,7%
	Medio	\$ 3.420.294	25,87	\$ 88.486.670	\$ 1.555.815	\$ 40.250.603	\$ 48.236.067	54,5%
50-100 ha	Medio	\$ 3.420.294	65,93	\$ 225.492.963	\$ 1.383.374	\$ 91.203.032	\$ 134.289.931	59,6%
	Alto	\$ 3.420.294	60,72	\$ 207.696.903	\$ 1.987.120	\$ 120.667.581	\$ 87.029.322	41,9%
> 100 ha	Medio	\$ 3.420.294	192,04	\$ 656.836.404	\$ 1.338.743	\$ 257.093.477	\$ 399.742.927	60,9%
	Alto	\$ 3.420.294	211,98	\$ 725.032.554	\$ 1.827.076	\$ 387.302.931	\$ 337.729.624	46,6%
<b>TOTALES</b>		<b>\$ 30.782.645</b>	<b>611</b>	<b>\$ 2.088.555.157</b>	<b>\$ 9.219.836</b>	<b>\$ 926.558.798</b>	<b>\$ 1.161.996.358</b>	<b>70,0%</b>

El análisis de producción y márgenes netos de los Predios Promedio en el paso de la Situación Actual a Situación Actual Optimizada a con Proyecto se fundamentó en las siguientes premisas:

- El establecimiento de cultivos según el estrato de tamaño se produce de forma progresiva en estratos según los diferentes niveles de tecnificación.
- Las obras prediales de adaptación de riego y de habilitación de terrenos de la SCP se relacionan directamente a los tiempos de implantación de cada estrato.
- Las obras de rehabilitación de terrenos se relacionan directamente a los años de arranque de plantaciones de frutales una vez cumplido el ciclo de máxima producción.
- Los costes operacionales de riego son anuales.

Se debe señalar que la utilidad disponible corresponde a la utilidad neta resultante de la ganancia efectiva del proyecto (diferencial entre los flujos netos de situación Con Proyecto y sin proyecto) una vez descontada la rentabilidad predial.

Posteriormente, el cálculo de la anualidad equivalente, corresponde al valor anual representativo del flujo total de años de evaluación del proyecto, basado en valores y tasas de interés constantes. Con este método, todos los ingresos y gastos que ocurren durante un período son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando la anualidad es positiva, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado.

El cálculo de la anualidad equivalente considera el valor presente neto de la utilidad disponible en función de la tasa interna de retorno y el número de años de la evaluación.

## 10.9. RENTABILIDAD DEL PROYECTO RIEGO

Los resultados del cálculo del TIR y VAN de cada uno de los escenarios analizados son los que se exponen en las tablas 10-35 y 10-36, teniendo en cuenta que en cualquiera de los 10 casos para cada altura de presa, salen resultados negativos con respecto a la rentabilidad de la ejecución de la obra y los beneficios obtenidos de la misma.

**Tabla 10-35. Resultados de la evaluación económica. Resumen. Precios privados**

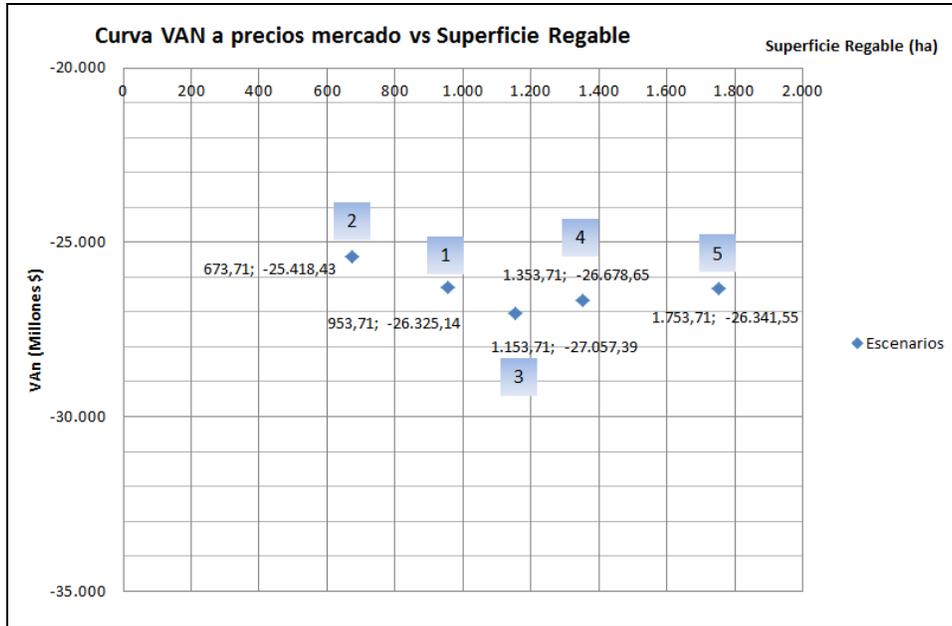
ESCENARIOS	SUPERFICIE REGABLE (ha)	VAN (\$)	TIR (%)	VANR (%)
1	953,71	-26.325.137.735	0,9%	-90,31%
2	673,71	-25.418.427.573	0,2%	-91,64%
3	1.153,71	-27.057.385.571	1,2%	-89,17%
4	1.353,71	-26.678.649.315	2,3%	-86,17%
5	1.753,71	-26.341.547.563	3,6%	-81,84%

**Tabla 10-36. Resultados de la evaluación económica. Resumen. Precios sociales**

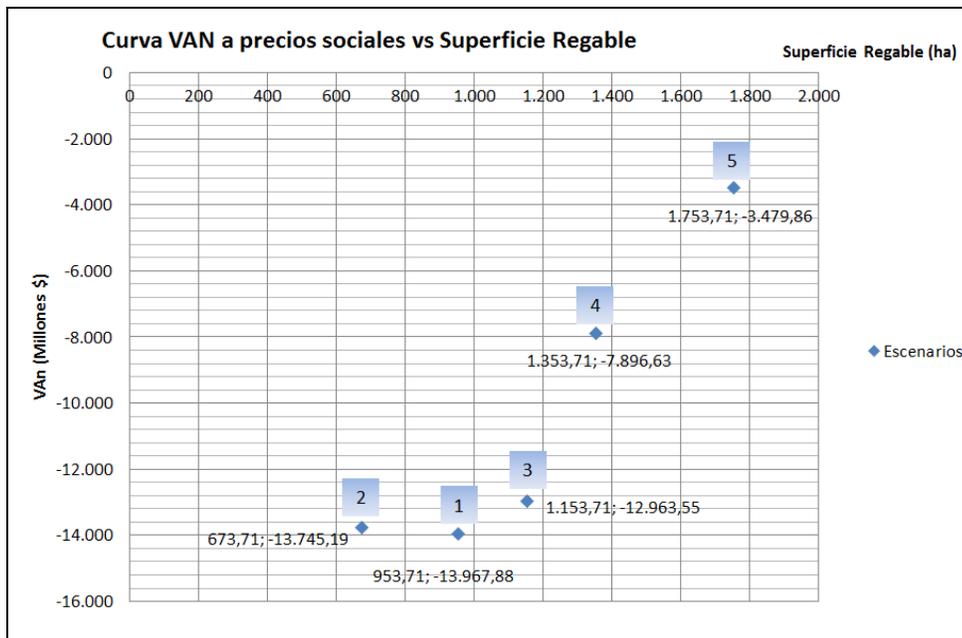
ESCENARIOS	SUPERFICIE REGABLE (ha)	VAN (\$)	TIR (%)	VANR (%)
1	953,71	-13.967.882.700	2,5%	-49,10%
2	673,71	-13.745.188.177	2,2%	-50,42%
3	1.153,71	-12.963.545.845	3,0%	-43,70%
4	1.353,71	-7.896.627.827	4,4%	-26,09%
5	1.753,71	-3.479.855.523	5,4%	-11,04%

En las figuras 10-13 y 10-14 se observan las relaciones de rentabilidad y superficie regable de cada escenario.

**Figura 10-13. Curva VAN-Superficie. Precios privados**



**Figura 10-14. Curva VAN-Superficie. Precios sociales**



## 10.10. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

### 10.10.1. INTRODUCCIÓN

Al hacer cualquier evaluación económica, siempre hay un elemento de incertidumbre asociado a las variables y alternativas que se estudian, lo que dificulta una toma de decisiones con mayor certeza. Una forma de disminuir o dimensionar esta incertidumbre es a través un **análisis de sensibilidad**, el que busca identificar las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y la magnitud de su incidencia. En el marco de que ningún tamaño de embalse resulta rentable, la alternativa 5 es la que presenta mejores indicadores, en este caso un VAN y un TIR más alto, es un embalse de 12,47 hm<sup>3</sup> de volumen útil, para el cual se realiza el análisis de sensibilidad a precios sociales.

Dada la complejidad del proyecto de embalse, se decidió realizar un análisis de sensibilidad en dos etapas. Un primer análisis de primer orden, en el que sólo se consideraron variaciones individuales de las variables, y un análisis de segundo orden, en el que se analizan variaciones de dos variables en forma combinada.

### 10.10.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE PRIMER ORDEN

El análisis de sensibilidad es la base para realizar el análisis de riesgo y constituye el primer paso, donde se analiza el cambio que experimenta el VAN, a precios sociales, ante una variación determinada de las partidas involucradas en la evaluación económica, con objeto de conocer la/s variable/s de mayor impacto en la rentabilidad del proyecto. Las partidas involucradas que se han estudiado han sido:

- Costos de las obras
- Precios de venta de productos agrícolas
- Superficie de cultivos más rentables (hortofrutícolas)
- Aumento de los porcentajes anuales de adhesión al proyecto (Integración tecnológica)

Los cambios en la integración tecnológica se han determinado en base a la transición entre la situación actual y futura: para los predios de nivel bajo se consideró un período de establecimiento de ocho años, con nivel medio y medio-bajo en seis años y predios de nivel alto y medio-alto en un total de cinco años. En cada uno de estos períodos se establecieron unos niveles de integración tecnológica coincidentes con la adhesión al proyecto de cada beneficiario. Estos niveles se representan en forma de porcentajes de adhesión para cada nivel tecnológico según sea bajo, medio o alto en la tabla 10-37.

**Tabla 10-37. Niveles de integración tecnológica**

NIVEL TECN	ESCENARIO	AÑO									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
BAJO	Base	5%	10%	15%	25%	35%	45%	70%	90%	100%	
	Modificado	10%	20%	30%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
MEDIO	Base	5%	10%	25%	45%	70%	90%	100%			
	Modificado	10%	30%	40%	60%	80%	90%	100%			
ALTO	Base	10%	20%	40%	60%	75%	100%				
	Modificado	20%	40%	50%	70%	90%	100%				

Antes de calcular las variaciones de rentabilidad de los escenarios modificados planteados, se han calculados los valores límite de dos variables como son los costos del proyecto y el aumento de beneficios, es decir, la variación límite de dichas variables para que el proyecto sea rentable, resultando un costo de \$ 27.921.766.310 frente a \$ 31.401.621.833 de costos del escenario base N°5, lo cual representa una reducción de los costos del 11,08% y un aumento de los beneficios del 9%, aplicado de forma anual.

La tabla 10-38 muestra el cambio que experimenta el VAN, a precios sociales, ante la variación de 20% de las partidas involucradas en la evaluación económica sobre el escenario base.

**Tabla 10-38. Análisis de incidencia de las variables en la rentabilidad del proyecto. Precios sociales**

ESCENARIO 5	VAN Base (millones de pesos)	VAN Modificado (millones de pesos)	Variación	ΔVAN (millones de pesos)	Elasticidad (%)	TIR(%)
ESCENARIO 5.1: Reducción costos inversión 20%	-\$ 3.479,86	\$ 2.800,47	-20,00%	\$ 6.280,32	180%	6,6%
ESCENARIO 5.2: Aumento superficie hortofrutícola 20%	-\$ 3.479,86	\$ 1.324,35	-20,00%	\$ 4.804,21	138%	6,1%
ESCENARIO 5.3: Aumento de los precios productos 20%	-\$ 3.479,86	\$ 3.698,88	-20,00%	\$ 7.178,73	206%	6,7%
ESCENARIO 5.4: Cambios integración tecnológica.	-\$ 3.479,86	-\$ 2.758,78	-20,00%	\$ 721,07	21%	5,6%

Del cuadro anterior se puede observar que todas las variables por separado confluyen en un VAN positivo siendo las variables que más inciden en la rentabilidad son el **costo del embalse** y los **precios de los productos**, las cuales arrojan una tasa interna de rendimiento superior a la tasa de interés de la operación.

### 10.10.3. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE SEGUNDO ORDEN

Con el fin de determinar si existen condiciones que hagan rentable el proyecto, se realizó un análisis de sensibilidad complementario, el que consiste en considerar variaciones combinadas de las variables. Las combinaciones consideradas se han superpuesto al escenario 5.2 (cambios en la superficie hortofrutícola en un 20%). Son las siguientes:

- - Escenario 5.2.A: Escenario 5.2 + aumento de los precios (beneficios)
- - Escenario 5.2.B: Escenario 5.2 + cambios en la integración tecnológica
- - Escenario 5.2.C, Escenario 5.2 + aumento en precios + cambios integración.

En la tabla 10-39 se exponen dichas combinaciones.

**Tabla 10-39. Análisis de incidencia de las variables combinadas en la rentabilidad del proyecto. Precios sociales**

ESCENARIO	VAN <sub>Base</sub> (millones \$)	VAN <sub>Modificado</sub> (millones \$)	ΔVAN (millones \$)	Elasticidad (%)	TIR (%)
ESCENARIO 5.2.A: Aumento superficie hortofrutícola 20% + Aumento precios productos 20%	-\$ 3.479,86	\$ 15.285,39	\$ 18.765,25	539%	8,4%
ESCENARIO 5.2.B: Aumento superficie hortofrutícola 20% + Cambios integración tecnológica	-\$ 3.479,86	\$ 2.937,42	\$ 6.417,27	184%	6,6%
ESCENARIO 5.2.C: Aumento superficie hortofrutícola 20% + Aumento precios productos 20% + Cambios integración tecnológica	-\$ 3.479,86	\$ 18.365,20	\$ 21.845,05	628%	8,9%

Del cuadro anterior se puede observar que al ser una combinación de variables que por separado hacen que el VAN sea positivo, y que la variable que está presente en los mayores aumentos de VAN y de TIR es la que corresponde a los **precios de los productos**.

Lo anterior muestra que existen condiciones bajo las cuales el proyecto es rentable, y confirma la conveniencia y ventaja de analizar en forma integral las posibilidades de éxito de un proyecto, analizado el efecto conjunto del cambio de distintas variables de evaluación y la incertidumbre asociada a la ocurrencia de distintos fenómenos, logrando una visión holística del proyecto y las potencialidades de desarrollo del área de estudio.

## 10.11. ANÁLISIS DE RIESGO.

### 10.11.1. INTRODUCCIÓN.

El análisis de riesgo es una herramienta cuyo fin es determinar el grado de confianza estadística en la solución obtenida. Este tipo de análisis se puede pensar como un análisis de sensibilidad generalizado, en el que no se analiza un cambio único en una variable, sino que se analizan muchas posibilidades dentro del rango posible. En particular en este análisis se considera el cambio en **costo de las obras**, variable que según el análisis de sensibilidad mostrado en el

apartado anterior presenta la mayor elasticidad. Adicionalmente se analiza el ingreso agrícola, en términos del **precio de venta de los productos comercializados**, que aunque presenta una menor elasticidad, es la fuente de beneficios del proyecto.

### 10.11.2. CONDICIONES DE ANÁLISIS.

El análisis de riesgo se ha realizado para el Escenario 5, pues es el que mejores ratios de indicadores económicos presenta. Se han considerado las variables costo e ingreso agrícola (precio de venta de los productos). La modelación se ha realizado transformando estas variables de determinísticas, es decir, con un valor dado, a variables con un valor cambiante, llamadas estocásticas.

### 10.11.3. RESULTADOS.

La modelación se realizó usando el software @RISK, considerando varios valores del parámetro  $\alpha$ .

Las variables introducidas en el modelo han sido:

- Costo inversión, valores de  $\alpha$ : 15%, 20%, 30% y 40%.
- Ingreso (precio de venta del producto), valores de  $\alpha$ : 5%, 10%, 15% y 20%.

La variable de salida de la simulación ha sido el valor del VAN.

Se ha de indicar que para el ingreso las variaciones se aplicaron a los precios de venta de los productos.

Se hace notar que el análisis se realiza para las variables en forma independiente y luego en forma conjunta.

En los tabla 10-40 se resumen los resultados: VAN Mínimo y máximo, Percentiles 5 % y 95 %, y variación entre los percentiles indicados.

**Tabla 10-40: Resultados análisis de riesgo variable costo inversión**

$\alpha$	VAN (miles Millones \$)				
	Mínimo	5%	95%	Máximo	DVAN (5% - 95%)
<b>COSTO OBRAS</b>					
15%	-8,04	-6,71	-0,27	1,19	7,76
20%	-9,63	-7,79	0,80	2,70	10,43
30%	-12,77	-9,93	2,95	5,68	15,73
40%	-15,61	-12,10	5,08	8,54	20,69

Los resultados muestran la variación del VAN es mayor cuando se utiliza un valor de  $\alpha$  mayor, y que para valores de  $\alpha=20\%$  se obtiene que para el percentil del 95% el VAN es positivo.

En la tabla 10-41 se muestra el porcentaje de VAN Positivo y Negativo que se obtiene para el rango de variación analizado de la variable costo.

**Tabla 10-41: Resultados de % de VAN positivo- negativo del análisis de riesgo variable costo inversión**

$\alpha$	% respecto al total	
<b>COSTO OBRAS</b>	<b>VAN NEGATIVO</b>	<b>VAN POSITIVO</b>
15%	<b>96%</b>	<b>4%</b>
20%	<b>93%</b>	<b>7%</b>
30%	<b>81%</b>	<b>19%</b>
40%	<b>74%</b>	<b>26%</b>

A continuación se muestran en la tabla 10-42 los resultados del análisis de riesgo de la variable precio de venta del producto.

**Tabla 10-42: Resultados análisis de riesgo variable precio venta producto**

$\alpha$	VAN (miles Millones \$)				
<b>PRECIO VENTA</b>	<b>Mínimo</b>	<b>5%</b>	<b>95%</b>	<b>Máximo</b>	<b>DVAN (5% - 95%)</b>
<b>5%</b>	<b>-5,39</b>	<b>-4,85</b>	<b>-2,12</b>	<b>-1,53</b>	<b>2,73</b>
<b>10%</b>	<b>-7,30</b>	<b>-6,21</b>	<b>-0,77</b>	<b>0,42</b>	<b>5,44</b>
<b>15%</b>	<b>-9,24</b>	<b>-7,59</b>	<b>0,60</b>	<b>2,37</b>	<b>8,19</b>
<b>20%</b>	<b>-11,15</b>	<b>-8,95</b>	<b>1,96</b>	<b>4,42</b>	<b>10,90</b>

Al igual que ocurría para la variable costo, para la variación porcentual de los precios de venta de los insumos, se produce una variación del VAN mayor cuanto mayor es el coeficiente  $\alpha$ , siendo en ambos casos del mismo orden. En cuanto a los valores de  $\alpha$ , es para  $\alpha=15\%$  cuando se obtiene un percentil del 95% del VAN positivo.

En la siguiente tabla 10-43 se muestra el porcentaje de VAN Positivo y Negativo que se obtiene para el rango de variación analizado de la variable costo.

**Tabla 10-43: Resultados de % de VAN positivo- negativo del análisis de riesgo variable precio venta producto**

$\alpha$	% respecto al total		
	PRECIO VENTA	VAN NEGATIVO	VAN POSITIVO
5%		97%	0%
10%		98%	2%
15%		93%	7%
20%		84%	16%

Estas conclusiones vienen a coincidir con los valores del estudio de sensibilidad para las variables determinísticas.

**Tabla 10-44: Resultados análisis de riesgo combinación variables costo - precio venta**

$\alpha$		VAN (miles Millones \$)				
PRECIO VENTA	COSTO OBRAS	Mínimo	5%	95%	Máximo	$\Delta$ VAN (5% - 95%)
5%	15%	-9,23	-6,87	-0,06	2,30	6,81
5%	20%	-10,15	-7,98	1,15	3,49	9,13
5%	30%	-12,96	-9,99	2,93	5,93	12,91
5%	40%	-16,16	-12,22	5,26	8,81	17,47
10%	15%	-10,21	-7,66	0,62	3,62	8,28
10%	20%	-11,47	-8,53	1,70	5,50	10,23
10%	30%	-14,82	-10,76	3,34	7,53	14,10
10%	40%	-17,62	-12,54	5,56	10,58	18,10
15%	15%	-13,03	-8,70	1,53	4,70	10,23
15%	20%	-14,28	-9,34	2,33	6,50	11,67
15%	30%	-16,76	-10,92	3,74	7,98	14,66
15%	40%	-17,78	-12,60	5,67	10,89	18,27
20%	15%	-13,68	-9,54	2,69	7,33	12,22
20%	20%	-14,75	-10,51	3,37	8,32	13,88
20%	30%	-17,11	-11,94	5,07	9,87	17,01
20%	40%	-22,29	-13,66	5,90	12,38	19,56

El análisis de riesgo muestra que este proyecto tendría posibilidades de ser rentable si se dieran una disminución importante de los costos de inversión, alrededor del 20% respecto al valor actual presupuestado, o bien se produjera un incremento del precio de venta de los productos entorno a un 15% de su valor actual. La combinación de estas variables en sentido positivo podría hacer viable el proyecto.

**Tabla 10-45: Resultados de % de VAN positivo- negativo del análisis de riesgo variable precio y coste**

$\alpha$		% respecto al total	
PRECIO VENTA	COSTO OBRAS	VAN NEGATIVO	VAN POSITIVO
5%	15%	96%	4%
5%	20%	89%	11%
5%	30%	83%	17%
5%	40%	74%	26%
10%	15%	93%	7%
10%	20%	88%	12%
10%	30%	78%	22%
10%	40%	73%	27%
15%	15%	88%	12%
15%	20%	84%	16%
15%	30%	78%	22%
15%	40%	73%	27%
20%	15%	83%	17%
20%	20%	79%	21%
20%	30%	74%	26%
20%	40%	72%	28%



## 11. EXTERNALIDADES

El desarrollo del proyecto de embalsamiento, podría traer consigo una serie de una serie de beneficios, tanto directos o como indirectos. A continuación se enumeran algunos de los posibles efectos positivos que podría introducir en la población de Ñuble la ejecución del proyecto:

- **Aumento y desarrollo de turismo:** la creación de un embalse de estas características en la zona favorecería principalmente a la comunidad de Chillán y Chillán Viejo de manera directa, puesto que carece de zonas de ocio para la época estival, contribuyendo a crear ambiente más templado en época veraniega que atraería al público de ésta y otras áreas. Se podría generar un lugar de ocio y esparcimiento en el que se aprovechara la existencia de una lámina de agua que permitiera la práctica del baño así como de deportes acuáticos, que fomentaran el turismo.
- **Aumento del Comercio y Desarrollo de la zona:** Por ser ésta una zona con carencia de agua con gran potencial de desarrollo agrícola, la creación del embalse potenciaría el comercio y desarrollo económico de la zona y el desarrollo Agroindustrial, así como el Volumen de exportaciones, Aumento de la demanda de mano de obra
- **Aumento de la seguridad en el abastecimiento de agua potable:** A pesar de que el diseño del embalse tendría como prioridad el riego, su construcción permitiría aumentar la seguridad en el suministro de agua a la población durante los meses de mayor demanda. Este hecho requeriría la ejecución de infraestructuras adicionales que permitieran transportar el agua desde el embalse hasta los núcleos de población.
- **Mejora en la lucha contra incendios:** La presencia de un embalse, especialmente aquellos emplazados en lugares en los que el agua escasea, puede proporcionar auxilios muy valiosos en la lucha contra los incendios. Además, a mayor porcentaje de humedad relativa, proporcionada por el embalse, y con mayores recursos hídricos presentes en el suelo, la vegetación contiene mayor humedad, por lo que su combustión es más difícil y la velocidad de propagación del fuego, más lenta.
- **Recarga de acuíferos:** Los niveles freáticos del entorno del embalse pueden variar significativamente con el nivel de las aguas embalsadas. La modificación de la cota de las aguas subterráneas depende de varias causas: permeabilidad del terreno, de la distancia al embalse y de las características de los acuíferos locales, entre otros factores, pero supone, frecuentemente, una elevación del mismo. Si esto supusiese un problema, es posible actuar mediante los pertinentes drenajes (o pantallas, si se produce un descenso), aunque por lo general el ascenso de los niveles freáticos redundaría en una mejora del medio natural.
- **Incremento de la construcción de vivienda y Desarrollo de Infraestructura:** En la municipalidad de Chillán Viejo existen en proyecto actualmente la creación de una ciudad satélite que pudiera integrarse con la creación del embalse y verse beneficiada por el desarrollo económico que conllevaría la construcción del mismo
- **Cambio en la estructura Geopolítica:** Asociada a la migración de individuos a la zona atraídos por el desarrollo económico del área.

## 12. RECOMENDACIÓN SOBRE EL TAMAÑO DEL PROYECTO.

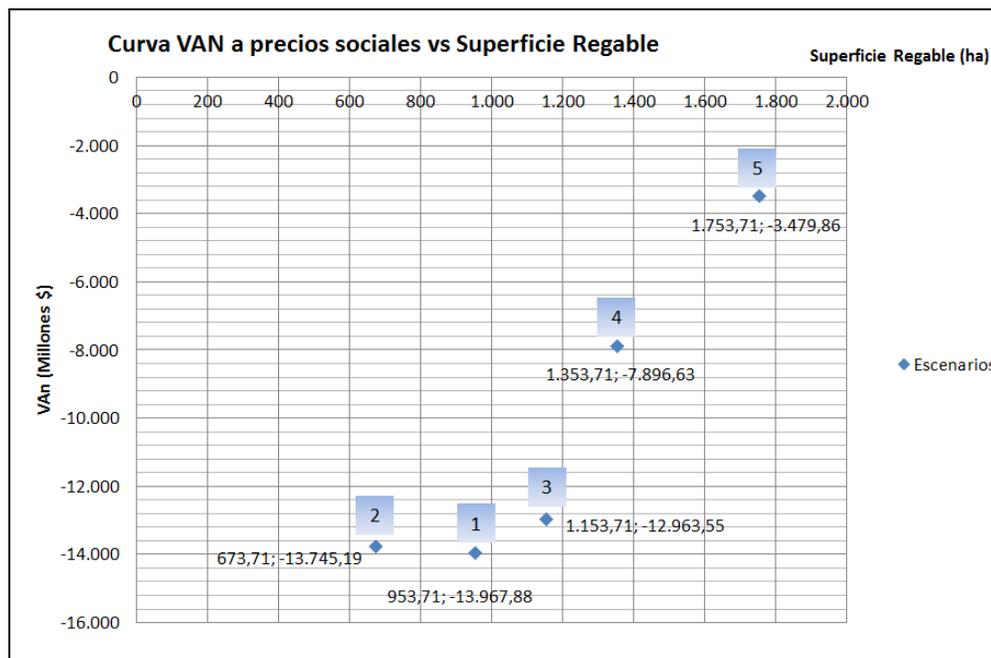
Del análisis de la evaluación económica realizado se obtiene que la totalidad de los escenarios planteados para riego no son rentables.

En la gráfica que a continuación se adjunta, se observa que se produce una mejoría en la rentabilidad del Proyecto conforme se aumenta la superficie potencialmente regable, pues la curva del VAN frente a las superficies regables es creciente.

No obstante, el aumento de dicha superficie significa también un aumento del tamaño de las obras de embalse y también de los requerimientos de yacimientos. Para tamaños de presa mayores sería necesario recurrir a préstamos externos, que encarecerían de forma significativa los costos de la obra.

Por otra parte se ha de destacar que las **superficies adicionales de riego tienen un límite físico** condicionado por la orografía de los terrenos situados aguas abajo del muro y por la propia red de riego, ya que se ha diseñado su funcionamiento en lámina libre. Además, indicar que aproximadamente a unos 7 kilómetros de distancia se encuentra la confluencia del estero Quilmo con el río Chillán, y que los predios localizados aguas abajo de dicho punto serían regados por el citado río, por lo que las zonas a regar se van reduciendo.

**Figura 12-15. Curva de VAN (precios sociales) frente a Superficie Máxima Regable**



### **13. RECOMENDACIÓN SOBRE EL MOMENTO ÓPTIMO DE INVERSIÓN**

El momento óptimo de inversión se obtiene al comparar el Van de invertir en el momento “t” frente a hacerlo en el momento “t+1”.

La condición básica que se ha de dar para poder realizar el cálculo es que los beneficios netos anuales posibles, sean independientes del momento del inicio del proyecto, es decir que su evolución sea independiente de la fecha de construcción del embalse, sino de la evolución de la demanda o de la variación del mercado de los insumos.

En el proyecto del embalse analizado, los beneficios agrícolas generados dependen básicamente de la construcción de las obras de embalse y los canales asociados, por lo que no resulta coherente plantear cuando se ha de iniciar la inversión de dichas obras, ya que cuanto antes se realicen antes se obtendrán los beneficios.

El momento de realización de la obra dependería de la comparativa resultante entre este proyecto y otros para el reparto de las inversiones disponibles por parte del Estado.

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 14.1. CONCLUSIONES

De acuerdo al proyecto realizado es posible plantear las siguientes conclusiones:

- a) Dado que el emplazamiento de los embalses en los esteros Quilmo, Ránquil y Changaral, había sido establecido previamente por parte de CNR, se procedió al análisis de una serie de alternativas para cada embalse, basadas en distintas secciones tipo y distintas cotas de las tomas de riego. En total se estudiaron 4 alternativas por embalse que fueron analizadas mediante la utilización de una matriz de evaluación que engloba aspectos de tipo técnico-económicos, ambientales y administrativo-legales. A partir de lo anterior, se definió que las alternativas de los embalses de Ránquil y Changaral no resultaban viables, por lo que únicamente la alternativa del estero Quilmo, basada en una presa de materiales homogéneamente zonada siguió adelante con los estudios de prefactibilidad.
- b) A partir del catastro efectuado, se concluye que no existe una actual red de riego existente en condiciones que permita el adecuado riego de la zona en estudio. Por lo tanto, para permitir el riego de los precios situados aguas abajo de la presa se prevé la construcción de dos canales matrices, uno por cada margen, de los que saldrán una serie de canales de derivación para abastecer a la totalidad de los predios.
- c) De acuerdo a los resultados de los estudios de línea de base, los avances de la ingeniería y la legislación ambiental vigente, el emplazamiento del embalse no presenta restricciones ambientales absolutas para la ejecución de éstas, sin embargo, se deben considerar medidas de diseño, mitigación, reparación y/o compensación, para los efectos ambientales identificados.
- d) Conforme a lo establecido en los artículos 10 letra a), b) y c), de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y el nuevo Decreto 40/2013, el Proyecto “Construcción embalses estacionales del secano, Provincia de Ñuble”, ingresa al SEIA por aplicación de las siguientes causales, **Letra a)** “Acueductos, embalses o tranques y sifones que deban someterse a la autorización establecida en el artículo 294 del Código de Aguas, presas, drenaje, desecación, dragado, defensa o alteración, significativos, de cuerpos o cursos naturales de aguas;
- e) Se evaluó además el embalse como uso multipropósito considerando abastecimiento de agua potable e hidrogenación además de riego, sin resultados positivos desde el punto de rentabilidad económica.
- f) Los resultados del método del presupuesto arrojan como conclusión que el proyecto no es rentable a precios de mercado y sociales para ninguna de las alternativas. Esto se explica por la gran magnitud de las inversiones del embalse. El escenario más rentable desde el punto de vista del VAN es el **Escenario 5**, que supone ejecutar un embalse con una capacidad de 12,47 hm<sup>3</sup> (NME), que permitirían regar 1.754 ha con una seguridad para el riego del 85%, que a precios sociales tiene un VAN de \$-3.970,274 millones y una TIR de -12,6%. Los resultados se explican en buena parte por el alto costo de las obras, los cuales no pueden ser compensados, con los beneficios generados por la agricultura.
- g) Para el caso de los métodos de chequeo del valor incremental de la tierra y de las transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas, el proyecto tampoco resulta conveniente con respecto a la situación actual.

- h) Partiendo de que ninguna de las alternativas de tamaño de embalse evaluadas resulta rentable desde el punto de vista económico, tal y como se ha indicado anteriormente, la solución que presenta mejores indicadores, VAN y TIR, es la que se corresponde con una mayor capacidad de almacenamiento (Escenario 5). Para acotar el grado de incertidumbre asociado a las variables que influyen en el resultado económico del estudio de alternativas, se realizó un análisis de sensibilidad de dichas variables, de modo que permitiera evaluar cual tenía una mayor influencia en los resultados de los indicadores económicos. Las variables analizadas fueron: costo de la inversión, precio de venta de los productos agrícolas, integración tecnológica y modificación de las superficies destinadas a cultivos hortofrutícolas. Se ha comprobado que para una variación positiva del 20% del valor de la variable, todas ellas analizadas de manera independiente confluyen en un VAN positivo, siendo las variables que más inciden en la rentabilidad: el costo del embalse y los precios de los productos. Éstas últimas arrojan para dicho incremento una tasa interna de rendimiento del 7%, superior a la tasa de interés de la operación para precios sociales (6%).
- i) El análisis económico revela la nula rentabilidad del proyecto, aunque mejoraría indudablemente, de forma individual, la capacidad productiva de la zona, que pasaría de ser una comarca deprimida por la falta de agua, a una zona mucho más fértil reflejándose este aumento en los siguientes aspectos:
- a. Aumento de la mano de obra activa en la actividad agrícola y agroindustrial:
    - i. En el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Sin proyecto y la Situación Con Proyecto destaca el crecimiento anual llegando a un máximo que prácticamente triplica la mano de obra permanente actual.
    - ii. El crecimiento del empleo femenino es bastante importante, sobre todo en lo que se refiere al permanente, que este si se triplica, respecto a lo obtenido en la Situación Sin Proyecto.
  - b. Aumento del valor de la tierra y de la capacidad productiva de la zona convirtiéndose de secano en regadío.
  - c. Se producirían cambios beneficiosos para la comunidad en el modelo productivo agrícola:
    - i. Se considera un cambio profundo en la estructura productiva del área de estudio reemplazando una superficie importante de cultivos tradicionales por alternativas de especies o variedades de mayor rentabilidad.
    - ii. Las especies frutales a implementar son las mismas que ya se encuentran actualmente en el área de estudio en una parcela con derechos de agua y que se riega como la vid vinífera y el cerezo, con similares variedades a las actuales y otras de mayor rentabilidad asociadas a riego tecnificado. Otras especies como el arándano o la frambuesa, demuestran buenos resultados productivos y de comercialización para la zona bajo un escenario de riego, por lo que se incorporan a la situación con proyecto representando el rubro otros frutales.
- j) Para el escenario que se corresponde con el embalse de mayor volumen se realizó el análisis de riesgo de las variables: costo de las obras y precio de venta de los productos comercializados. El resultado del análisis de ambas variables de forma independientes da como resultado las siguientes conclusiones: la variación del VAN es mayor cuanto mayor

es el coeficiente  $\alpha$  adoptado, los resultados del análisis de riesgo son consistentes con el análisis de sensibilidad pues se observan mayores variaciones en el VAN para la variable costo que para la variable ingreso, para la variable costo con valores de  $\alpha=20\%$  se obtiene que el percentil del 95% el VAN es positivo, siendo para la variable precio de venta el valor de  $\alpha=15\%$  el que consigue un percentil del 95% del VAN positivo. Por lo tanto, el análisis de riesgo muestra que este proyecto tendría posibilidades de ser rentable si se dieran una disminución importante de los costos de inversión, alrededor del 20% respecto al valor actual presupuestado, o bien se produjera un incremento del precio de venta de los productos entorno a un 15% de su valor actual. La combinación de estas variables en sentido positivo podría hacer viable el proyecto.

#### **14.2. RECOMENDACIONES**

El análisis de la rentabilidad económica del Proyecto para las distintas alternativas estudiadas, permite llegar a la conclusión de que ninguna de ellas es viable como inversión.

No obstante, la posible ejecución de un embalse en el estero Quilmo, traería asociados una serie de beneficios a tener en cuenta en la toma de decisiones, como son: la generación de nuevos empleos, tanto directos e indirectos, la mejora en la seguridad de abastecimiento de agua potable, la laminación de crecidas del propio estero, como fuente de suministro de agua en la lucha contra incendios y la posibilidad creación de potenciales zonas de recreo y esparcimiento.

En el Valle del Quilmo existe una baja tecnificación de forma generalizada en los predios, exceptuando algunos predios de grandes extensiones que poseen sistemas de riego y mecanización que responden a una tecnificación media o alta, pero que representan pequeñas excepciones dentro de la situación actual del valle.

En general, la situación que se plantea en el entorno está condicionada por la falta de agua de forma intermitente que no asegura las cosechas de forma anual y que desemboca en cultivos de baja rentabilidad y/o abandonos de los predios o traspaso a un uso forestal o de pastos y forrajes exclusivamente.

Para mejorar la situación actual y hacer que se riegue mayor superficie, de forma que se pudiere rentabilizar el territorio, se hace imprescindible la implementación de infraestructuras que posibiliten la seguridad de riego, como sería la construcción de un gran embalse por una parte o la adecuación de las instalaciones existentes como los pozos, canales y bocatomas existentes, que si bien no aseguran la posibilidad de riego en toda la zona, permiten la subsistencia de forma puntual en los predios que disponen de agua y permiten el cultivo de hortalizas y frutales.

Se hace imprescindible el desarrollo de un programa de Transferencia Tecnológica y de Asistencia Técnica a los agricultores beneficiados. Este programa debe impulsar la posible reorganización de los regantes y la organización institucional de los mismos a través de programas de gestión, capacitación en distribución de turnos y programación del riego, además se ser un aliciente en la validación de los sistemas productivos y las nuevas tecnologías a implementar, de manera de

elevar el nivel tecnológico y productivo acorde a las nuevas exigencias que impone una obra de esta naturaleza.

Además, durante la fase de estudio del terreno, se detectó en el subsuelo del eje de muro la existencia de un acuífero multicapa confinado, así como un acuífero libre. La posibilidad de disponer de agua a escasa profundidad puede abrir una línea de estudio que permita abordar de manera conjunta el aprovechamiento de las aguas superficiales y las profundas, consiguiendo así alcanzar las rentabilidades deseadas.

**Las aguas superficiales y subterráneas pueden realizar funciones complementarias en un sistema de recursos hidráulicos.** Los acuíferos pueden representar alternativas interesantes para el almacenamiento de agua y ahorros económicos sustanciales en cuanto a los sistemas de distribución de superficie. La función de un acuífero como elemento de distribución de agua está asociada estrechamente a su papel como elemento de almacenamiento.

Se podría plantear la **utilización alternativa del agua superficial y subterránea**. La capacidad de almacenamiento del acuífero podría aprovecharse si se hace más uso del embalse en los períodos húmedos, y por el contrario se extrae más del acuífero en períodos secos.

Por otra parte, se podría aprovechar el almacenamiento subterráneo mediante la **recarga artificial**. Los objetivos a perseguir con esta opción son dos:

- Aumento y optimización el volumen de los recursos hídricos
- Prevención o corrección del deterioro de la calidad del agua.

Entre las aplicaciones más habituales de recarga artificial de acuíferos están el almacenamiento de escorrentías superficiales no reguladas, reducción del descenso piezométrico, mantenimiento hídrico de determinados enclaves ecológicos, etc.

### **Sistemas río-acuífero**

El retardo que se produce entre los bombeos en un acuífero, y la disminución de caudal en el río drenante, puede aprovecharse para aumentar las disponibilidades de agua. Al bombear de forma intermitente en períodos secos en los que la demanda de agua es mayor y menor el caudal de los ríos, una parte del efecto del bombeo se produce en los períodos en los que es mayor el caudal de los ríos

Las relaciones río-acuífero pueden transformarse por la explotación de las aguas subterráneas. Así, ciertos acuíferos muy explotados, al disminuir los niveles piezométricos, pueden cambiar su relación con el río que puede pasar de ganador a perdedor. De esta manera, las posibilidades de almacenamiento en los acuíferos aumentan.

Por lo tanto, y en base a todas las propuestas planteadas, se propone a la Comisión Nacional de Riego que acometa en la zona de actuación una serie de estudios adicionales, ya que éstos no son objeto del presente contrato, que permitan optimizar los recursos disponibles desde un punto de vista técnico-económico, social y ambiental:

1. Estudio hidrogeológico de la zona. Tendrá como finalidad determinar la capacidad de almacenamiento de los acuíferos y la transmisividad de los distintos niveles.
2. Estudio de aforos. Permitirá obtener los caudales que pueden extraerse de los acuíferos.
3. Estudio de aprovechamiento conjunto de aguas superficiales y subterráneas.
4. Estudio de Planificación de Recursos Hídricos.