CNR-435_V3

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO "DIAGNÓSTICO OBRAS DE ACUMULACIÓN AGUA RIEGO, LOS RÍOS Y LOS LAGOS"

LOS LAGOS

INFORME FINAL

ANEXOS

DICIEMBRE 2012

CUENCA Ingenieros Consultores Ltda.
María Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago
Fono 341 48 00 **Fax 274 5023** **e-mail: cuenca@cuenca.cl**

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO "DIAGNÓSTICO OBRAS DE ACUMULACIÓN AGUA RIEGO, LOS RÍOS Y LOS LAGOS"

LOS LAGOS

INFORME FINAL
ANEXOS

DICIEMBRE 2012

CUENCA Ingenieros Consultores Ltda.
María Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago
Fono 341 48 00 **Fax 274 5023** **e-mail: cuenca@cuenca.cl**

ÍNDICE DE ANEXOS LOS LAGOS

ANEXO	DESCRIPCIÓN
3.	**RECONOCIMIENTO DE TERRENO E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES EMPLAZAMIENTOS**
3.1.	ASISTENTES
3.2.	PRESENTACIÓN
3.3.	ASISTENTES PRODESAL 1
3.4.	ASISTENTES PRODESAL 2
4.	**ASPECTOS METODOLÓGICOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS**
4.1.	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA SITIOS DE EMBALSE
4.2.	RECURSOS HÍDRICOS
4.3.	ENVOLVENTES DE RIEGO
4.4.	CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA
4.5.	CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA SITIOS DE EMBALSE
4.6.	BALANCE HÍDRICO
5.	**CARACTERIZACIÓN DE SITIOS IDENTIFICADOS**
5.1.	BALANCE EMBALSES
5.2.	CRECIDAS EMBALSES
5.3.	BALANCE CAPTACIONES
5.4.	CRECIDAS CAPTACIONES
7.	**PERFILES DE PROYECTOS**
7.1.	CUBICACIONES
7.2.	PERFILES
7.3	COSTO ESTUDIOS

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXOS

ANEXO 3-1

ASISTENTES REUNIÓN INICIAL

Reunión Comisión Regional de Riego
2 de septiembre de 2011

Nombre	Institución	Mail	Firma
Rodrigo Carrasco	Mi de plan	rcarrasco@mideplan.cl	
Hernán Alarcón S.	D.D.H.	hernan.alarcon@mop.gov.cl.	
Miloslav Gardilcic	Dirección Gral. de Aguas	miloslav.gardilcic@mop.gov.cl	
Rodrigo Rodas	SEA Agricultura	Rodrigo.Rodas@minagri.gob.cl	

AVDA. BERNA REGION 466, PISO 1 - PUERTO MONTT - INTENDENCIA REGIONAL
Teléfono :(56- 65) 255043
Fax :(56- 65) 254757
EMAIL agricultura.loslagos@minagri.cl
www.minagri.cl

Reunión Comisión Regional de Riego
2 de septiembre de 2011

Fernando Borca	M.O.P		
Claudio Ernst	Indap	cernst@indap.cl	
Mario Castro M.	SEG. AGRIC		
Agnes Ewert M.	CNR	agnes.ewert@cnr.gob.cl	
Alvaro Isla F.	CNR	alvaro.isla@cnr.gob.cl	
Roxana Bórquez	Cuenca Ing. Consultores	r.borquez@cuenca.cl	

AVDA. DECIMA REGION 486, PISO 1 - PUERTO MONTT - INTENDENCIA REGIONAL
Teléfono :(56- 65) 253043
Fax :(56- 65) 254787
EMAIL: agricultura.loslagos@minagri.cl
www.minagri.cl

Reunión Comisión Regional de Riego
2 de septiembre de 2011

Julio Maiers	Intendencia	jmaiers@gorelos.lagos.cl	

[redacted]
Teléfono :(56- 65) 255043
Fax :(56- 65) 254757
EMAIL [redacted]
www.[redacted].cl

ANEXO 3-2

PRESENTACIÓN

DIAGNÓSTICO OBRAS DE ACUMULACIÓN AGUA RIEGO, LOS RÍOS Y LOS LAGOS

CNR
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

Mandante: **Comisión Nacional de Riego**

CUENCA

Realiza el Estudio:

Cuenca Ingenieros Consultores Ltda.

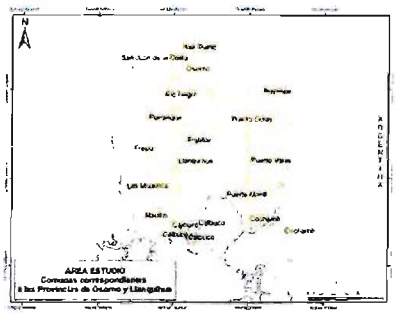
Objetivo General

La identificación y elaboración de perfiles de embalses estacionales en la región de Los Ríos (provincias de Ranco y Valdivia) y de Los Lagos (provincias de Osorno y Llanquihue).

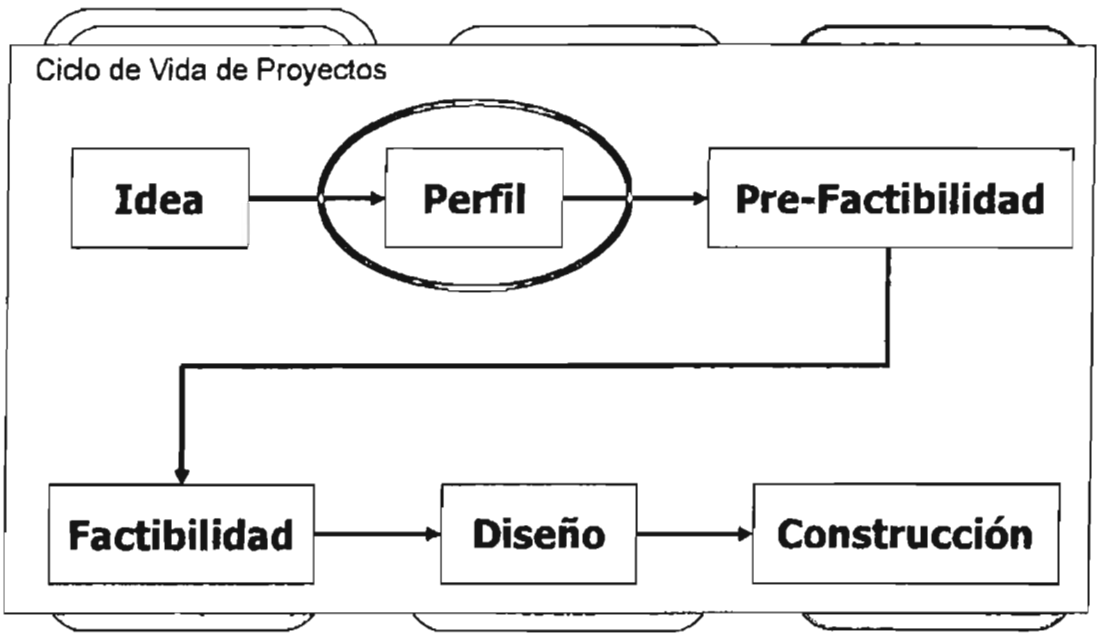
Objetivos Específicos

- Aumentar la seguridad de riego.
- Aumentar la superficie y la eficiencia del riego.
- Evaluar otros usos del recurso hídrico (Evaluación Multipropósito de Embalses).





Etapas del Estudio



Cronograma

	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
Etapa 1	X	X									
Etapa 2		X	X	X	X						
Etapa 3				X	X	X					
Etapa 4					X	X	X				
Etapa 5							X	X	X	X	X	X
BIF										X	X	X

Metodología

Gobierno de Chile

www.gob.cl

ASPECTOS METODOLÓGICOS

1. **ESTUDIOS BÁSICOS**
   - Marco morfológico, geológico y geotécnico
   - Estimación de caudales medios anuales disponibles
   - Antecedentes Agropecuarios

2. **IDENTIFICACIÓN DE SITIOS DE EMBALSE U OTRAS OBRAS**

3. **ANÁLISIS DE LOS SITIOS IDENTIFICADOS**

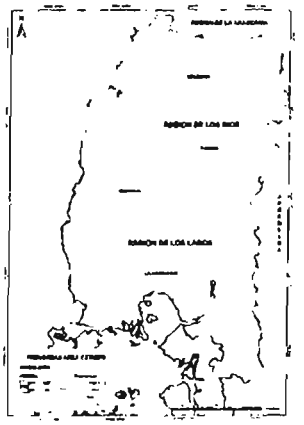
4. **PRIORIZACIÓN DE ALTERNATIVAS**

5. **DESARROLLO DE PERFILES**

2.- Identificación de sitios de emplazamiento

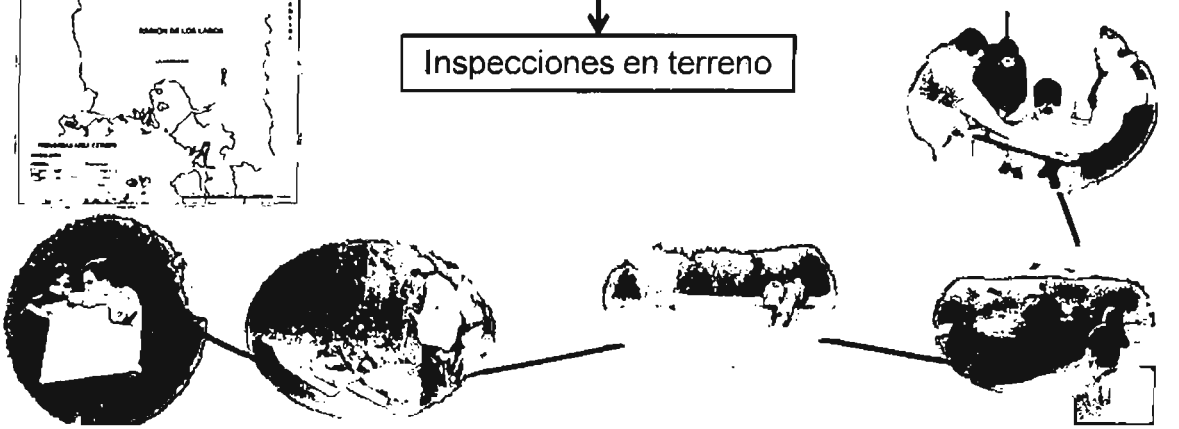
Identificación preliminar de sitios de embalse

Reuniones Regionales



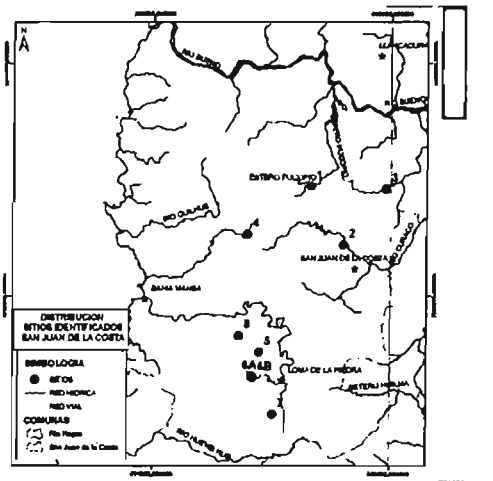
- Trabajo de Gabinete: Cartografía
- PRODESAL: Reuniones de presentación y trabajo con cartografía

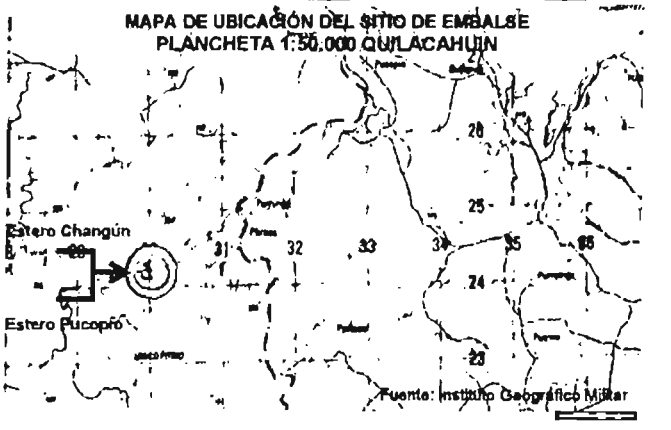
Inspecciones en terreno

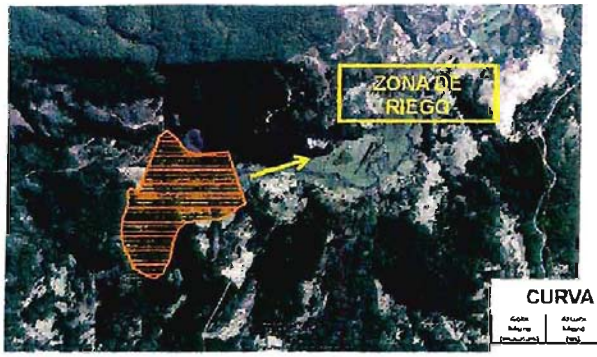


3.- Análisis de sitios identificados

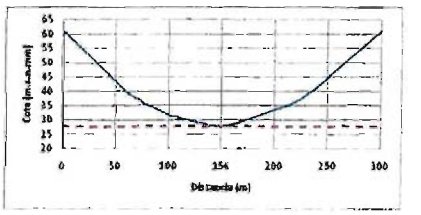
1. Características Generales;
2. Ubicación del Sitio
3. Antecedentes Geológicos;
4. Caracterización geológica-geotécnica
5. Estimación de Recursos Hídricos;
6. Curvas Características del Embalse;
7. Aspectos ambientales e interferencias
8. Aspectos productivos
9. Ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego;
10. Álbum fotográfico







PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO



CURVA DE EMBALSE

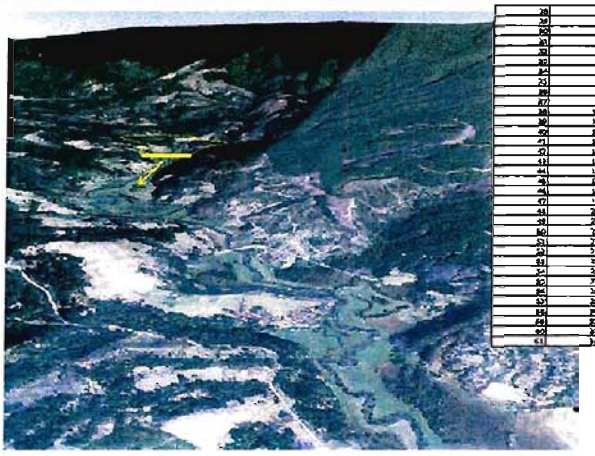
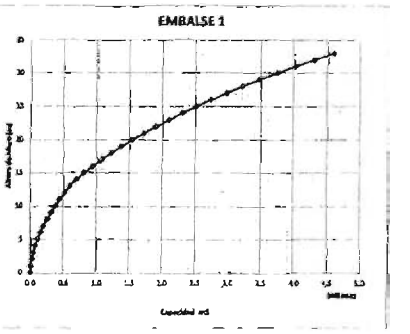


GRAFICO CURVA DE EMBALSE



Multipropósito de embalses

- Hidrogeneración
- Apoyo a sistemas de agua potable rural
- Turismo
- Control de crecidas
- Calidad de agua
- Otros sectores productivos

4.-Priorización de alternativas

Criterios de evaluación

Estrategias y Prioritización Regional	Política Pública
	Relevancia agropecuaria
	Participación pequeños agricultores
	Prioridad en riego
Antecedentes técnicos de la presa	Geología
	Geomorfología
	Agua / muro
	Empréstitos
	No-Complejidad
Interferencias e impactos ambientales	Interferencias
	Ambientales
Presencia de comunidades originarias en zona del embalse	Comunidades indígenas en área beneficiada del embalse
Tamaño del proyecto	Obra mayor, media o menor
Poblados cercanos	Cercanía de poblados a la zona de riego
Agricultura actual o potencial	Se analiza la situación actual del riego en la zona posible de ser beneficiada
Apreciación general del Consultor	En base a la experiencia del consultor se estimará además las recomendaciones pertinentes

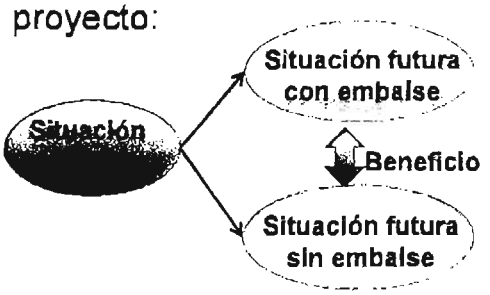
Matriz de Evaluación

Nº Alternativa	Cuenca	Cauce	Estrategias y Prioritización Regional				Antecedentes técnicos de la presa					Interferencias e Impactos		Presencia de comunidades originarias en zona del embalse	Tamaño del proyecto	Poblados cercanos	Agricultura Actual o potencial	Apreciación general del Consultor	PUNTAJE TOTAL
			Política Pública	Relevancia agropecuaria	Participación pequeños agricultores	Prioridad en riego	Geología	Geomorfología	Agua / muro	Empréstitos	No Complejidad	Interferencias	Ambientales						
1	San Juan de La Costa	Estero Pucapio																	
2	San Juan de La Costa	Estero Pullao + Alcantarí																	
3	San Juan de La Costa	Estero Chercan + Tacolin																	
4	San Juan de La Costa	Estero Purrumún																	
5	San Juan de La Costa	Río Llanquihue																	
6	San Juan de La Costa	Estero Quinaco																	
7	San Juan de La Costa	Estero Llocuno A																	
8	San Juan de La Costa	Estero Llocuno B																	
9	San Juan de La Costa	Estero Loma de La Piedra A																	
10	San Juan de La Costa	Estero Loma de La Piedra B																	
11	San Juan de La Costa	Estero Rocaghual																	
1	Río Negro	Estero Llahuallo																	
2	Río Negro	Río Huellelhue																	
3	Río Negro	Estero El Barco																	
4	Río Negro	Estero Quiquilco																	

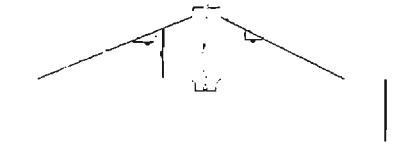
Mala = 0 Regular = 20 Buena = 100	Si Interfiere = 0 Medianamente = 50 No interfiere = 100	Con presencia = 100 Sin presencia = 0	Obra mayor = 0 Obra Mediana = 100 Obra menor = 0	Río cercano = 0 Cercano = 100	No se aprecia = 0 Se aprecia = 100	No recomendable = 0 Mediana= 50 Recomendable= 100

5.- Desarrollo del perfil de proyecto

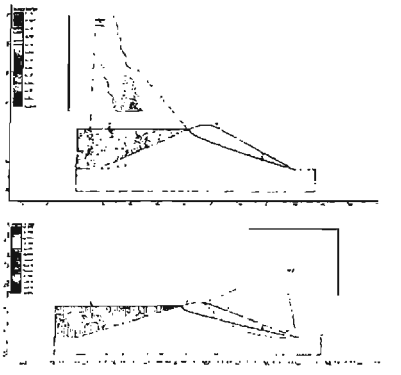
- Características generales del sitio de embalse
- Estudios básicos
- Anteproyecto de ingeniería
- Estimación de costos de embalse y obras anexas
- Evaluación Agroeconómica: con y sin proyecto:



PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



FACTOR DE SEGURIDAD DE TALUD CON EMBALSE LLENO




Gracias.
Gobierno
de Chile
www.gob.cl

ANEXO 3-3

ASISTENTES REUNIÓN PRODESAL #1

REGISTRO DE ASISTENCIA

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ANTECEDENTES GENERALES

Tema	REUNION INDAP (PRODESAL-PDTI) PROVINCIA DE OSORNO		
Fecha	22-SEP-2011		
Hora de inicio	10:15	Hora de Término	12:15
Lugar	SALA DE REUNIONES SAG, OSORNO		

N°	Nombre	Género		Institución/Canal	Fono	Mail	Firma
1	Francisco Gómez Astete	F	(M)	Prodesal Rio Negro MI	99865214	Fcoastete@hotmail.com	
2	Elier Ramos Contreras	F	(M)	Prodesal Rio Negro MIII	96892053	Prodefor@Rionegro.cl	
3	Alberto Dinter M.	F	(M)	Prodesal Río Negro MII	95280781	alberto.dinter@hotmail.com	
4	Carmen Hermosilla Zapata	(F)	M	Prodesal Río Negro Pdtl I, II	96450129	chermosilla@gmail.com	
5	LORETO PADILLA B	(F)	M	INDAP XIV REGION	65-436126	mpadilla@indap.cl	
6	Willy Orellana Nieto	F	(M)	PRODESAL FRUTILLAR	98733863	WillyOrellana@gmail.com	
7	Tania Carrillo Winkler	(F)	M	PRODESAL Frutillar	89297892	tanycarrillo@gmail.com	
8	Carolina Cifuentes Cofré	(F)	M	Prodesal Frutilla	65328240	carocifuentes@gmail.com	
9	Alvaro Barrios R.	(F)	(M)	Prodesal Purranque	64-351104	purranquel@gmail.com	
10	Mauricio Morales Salon	F	(M)	Prodesal Purranque	08-2193398	MAURYSALON@Hotmail.com	
11	Jaime Fernandez P	F	(M)	Prodesal Purranque	93990103	JFPMERCURIO@hotmail.com	
12	Manuel Encalada V	F	M	INDAP Osorno (Hoyo)	94336180	mencalada@indap.cl	
13	Boris Navarro Ulloa	F	(M)	PRODESAL FRUTILLAR	92522744	agrotecnara@gmail.com	

REGISTRO DE ASISTENCIA

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ANTECEDENTES GENERALES			
Tema			
Fecha			
Hora de Inicio		Hora de Término	
Lugar			

N°	Nombre	Género		Institución	Fono	Mail	Firma
14	JAVIER BRAVO ALT	F	(M)	PRODESAL PUYEHUE	218343	JAVIER.B1977@GMAIL.COM	
15	Patricio Arriagada N.	F	(M)	Prodesal Purranque	351104	patricio.arriagada@purranque.cl	
16	Ricardo Leppe S.	F	(M)	Prodesal Purranque	351104	ricleppe@gmail.com	
17	Lemy Odette Abello.	(F)	M	Prodesal Río Negro.	2632236	lemy.abello@hotmail.com	
18	Carola Garcia C.	(F)	M	Prodesal San Pablo	79210344	Carog4@hotmail.com	
19	Carlos Medina Soto	F	(M)	Prodesal Osorno	78222444	cmedinasoto@gmail.com	
20	Victoria Fallon Allen	(F)	M	Indap	232327	vfallon@indap.cl	
21	Pablo Barrientos Paz	F	(M)	CNR	62085570	pablo.barrientos@cnr.gob.cl	
22		F	M				
23		F	M				
24		F	M				
25		F	M				

ANEXO 3-4

ASISTENTES REUNIÓN PRODESAL #2

REGISTRO DE ASISTENCIA

CNR Ministerio de Agricultura — Gobierno de Chile

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ANTECEDENTES GENERALES			
Tema	REUNION CON EQUIPOS PRODESAL PROV. DE CHANQUINCHE		
Fecha	23 - SEPTIEMBRE - 2011		
Hora de Inicio	10:15	Hora de Término	
Lugar	SALA REUNIONES SEREMI DE AGRICULTURA REGION DE LOS LAGOS		

N°	Nombre	Género		Institución/~~Canal~~	Fono	Mail	Firma
1	Alejandra Torres Sch.	(F)	M	Prodesal Puerto Varas	065- 361144	prodesal@ptovaras.cl	
2	Fernando Rivas G.	F	(M)	PRODESAL I FRESIA	76954131	fernarivas@gmail.com	
3	Francisca Gallardo	F	(M)	Prodesal III Maullín	065-220230	Panchogallardo@hotmail.com	
4	Felipe Neumann	F	(M)	Prodesal Los Muermos	91656331	neumann94@hotmail.com	
5	Luis Ortel	F	(M)	INDAP Osorno	065-461213	lditzel@indap.cl	
6	Bernardo Soto M.	F	(M)	Prodesal - Melipulli	065-217704	bsoto_33@hotmail.com	
7	Karina L. Ortiz C.	(F)	M	Prodesal 2 - Maullín	065-220231	KARINORTIZCARES@GMAIL.COM	
8	Juan Millacan Asencio	F	(M)	Prodesam II Los Lagos	97320441	Jcampillacan@gmail.com	
9	Ana Almonacid B.	(F)	M	PRODESAL LOS MUERMOS	93578825	ana.almonacid@live.cl	
10	Eduardo Carrasco G.	F	(M)	Prodesal Hualaihué	9.9993182	edcarrasco@gmail.com	
11	Carolina Aragón G.	(F)	M	Prodesal Fresia II	66394776	caragon19@gmail.com	
12	Loreto Padilla	(F)	M	INDAP Región X	65-436126	lopadilla@indap.gob.cl	
13	Cristina Soriano	F	(M)	Prodesam Osorno	65-462330	CRISTINA.SUR@GMAIL.COM	

REGISTRO DE ASISTENCIA

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ANTECEDENTES GENERALES			
Tema			
Fecha			
Hora de inicio		Hora de Término	
Lugar			

N°	Nombre	Género		Institución	Fono	Mail	Firma
14	María Elena Saldaña H	F	M	Prodesal Collipulli	87959422	[illegible]	
15		F	M				
16		F	M				
17		F	M				
18		F	M				
19		F	M				
20		F	M				
21		F	M				
22		F	M				
23		F	M				
24		F	M				
25		F	M				

ANEXO 4-1

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA SITIOS DE EMBALSE

ProAmbiente Ltda. mmxxgarrido@gmail.com 6320654 65778287

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGICA GEOLOGICA Y ASPECTOS GEOTECNICOS DEL EMPLAZAMIENTO DE EMBALSES PROYECTADOS REGIÓN DE LOS LAGOS (X)

Realizado por: ProAmbiente Ltda.

M.Alicia Duhalde

M Ximena Garrido

Fecha: **Marzo - Abril 2012**

ProAmbiente Ltda. mmxxgarrido@gmail.com 6320654 65778287

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLOGICA GEOLÓGICA Y ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL EMPLAZAMIENTO DE EMBALSES PROYECTADOS REGIÓN DE LOS RÍOS.

INTRODUCCIÓN

La zona de estudio abarca las regiones XIV y X de Los Ríos y Los Lagos respectivamente. En ellas se emplazan 26 embalses proyectados, la generalidad de ellos corresponden a embalses estacionales de tamaño pequeño a medio, que beneficiarán principalmente a pequeños y medianos agricultores locales. En el presente informe se presenta la información de la Región de Los Ríos.

Según lo solicitado, los antecedentes a recabar en terreno complementarán la etapa de Perfil del proyecto que ejecuta Cuenca Ltda. En este contexto, para cada embalse proyectado, se presenta la caracterización geomorfológica, geológica y geotécnica general del terreno de emplazamiento y de su contexto aguas arriba y aguas abajo del muro proyectado. Se describen las unidades de rocas y sedimentos y aspectos geotécnicos y medio ambientales cualitativos a partir del reconocimiento de terreno.

El informe proporciona una síntesis de información pública -de fuentes validadas- recopilada tanto en gabinete como en terreno que permiten tener una aproximación a las condiciones generales del contexto geológico regional y del área de influencia directa de la obra, focalizada al área del muro, sus apoyos, la zona de inundación y riego.

OBJETIVOS:

Proporcionarlos antecedentes del medio físico relativos a geología, aspectos geotécnicos y de peligros geológicos exógenos (fenómenos de remoción en masa: reptaciones, cárcavas, deslizamientos), eventualmente existentes en los sitios de emplazamiento de los embalses.

Confeccionar una ficha técnica -siguiendo modelo proporcionado por Cuenca - con la información de terreno para caracterizar las unidades de suelos y rocas y su correlación con las unidades formales definidas por fuentes validadas (SERNAGEOMIN).

Representar cartográficamente la información geológica y geomorfoestructural de cada sitio de acuerdo a la información disponible en fuentes públicas validadas) (SERNAGEOMIN).

Ponderar, a nivel de perfil –y de acuerdo a los componentes geológicos y geotécnicos evaluados en terreno -la aptitud de los sitios para la infraestructura de riego prevista.

ASPECTOS METODOLOGICOS.

Para la caracterización solicitada -a nivel de perfil -se consideraron tres etapas:

I. **Gabinete 1**: Esta etapa consigno las actividades de:

Revisión, adquisición y compilación de antecedentes geológicos y estructurales disponibles en fuentes públicas validadas (SERNAGEOMIN).

Revisión de antecedentes técnicos y topográficos proporcionados por Cuenca Ltda.

Elaboración de cartografía preliminar de los sitios para apoyo de terreno. Para ello se utilizó la ubicación de los sitios según coordenadas UTM Datum WGS 84 USO 18 S, con el diseño preliminar de los embalses proporcionados por Cuenca.

Elaboración ficha de caracterización: Geomorfoestructural; Geológica; Geotécnica; Aspectos Medioambientales e Interferencias;

II **Terreno:**

Se consideraron 11 días totales de terreno, distribuidos entre el 5 y 6 y el 19 y 24 de Marzo de 2012 para las regiones de Los Lagos y Los Ríos respectivamente. Cada terreno fue realizado por geólogos de ProAmbiente Ltda., con profesionales de Cuenca Ltda., quienes facilitaron la ubicación de los sitios y apoyaron la descripción del proyecto en terreno. Cabe desatacar que durante la etapa 2 de terreno, se incorporaron profesionales de la inspección fiscal de la CNR y de la SEREMI de Agricultura.

III **Gabinete 2:**

Esta etapa consigno tres semanas para el procesamiento de la información de terreno, elaboración de informe de síntesis, confección de fichas, cartografía temática y taller de ponderación.

Cartografía Temática:

Del Esquema Geomorfoestructural: se consultó la descripción del territorio realizado por R. Börgel sobre la IV Región Geomorfológica del país. Las unidades fueron digitalizadas y luego dibujadas en formato shapefile. Posteriormente y como medida de ajuste, estas unidades fueron cotejadas con un Modelo de Elevación de Terreno, buscando generar información más detallada para una escala de trabajo adecuada (1:100.000). Se suma a estas unidades la base geológica y estructural que posee el SERNAGEOMIN (Geología de Chile 1:1.000.000 ; Hoja Geológica Cordón del Caulle), y la información cartográfica elemental del IGM (1:250.000). La figura se apoya en una imagen Satelital de Radar, en blanco y negro.

De la base geológica local: se procedió como primera actividad a recopilar los levantamientos geológicos a la escala de mayor detalle existente. Esta

actividad permitió recopilar 10 cartas -que cubren en total 25 embalses, quedando sólo un embalse cuya información de base se obtuvo de la carta geológica escala 1:500.000. Las cartas utilizadas –de acuerdo a su escala son las siguientes:

- **1:100.000:** Geología preliminar Área Bahía Mansa, 1998; Geología preliminar Área de La Unión, 1998; Geología preliminar Área Cordillera de Zarao, 1998; Geología preliminar Área Fresia Frutillar, 1998; Geología preliminar Área Entre Lagos Puerto Octay, 1998; Geología preliminar Área Río Bueno Paillaco, 1998; Geología Área Panguipulli Riñihue, 1999; Geología Área Los Lagos Malalhue, 2003; Geología para el Ordenamiento Territorial: Área Osorno, 2003; Geología Área Lanco Loncoche, 2007;

- **1:500.000**: Carta Geológica Hoja Osorno.

Digitalización y georeferenciacion de las cartas geológicas utilizando datum WGS 84 Huso 18 de las unidades geológicas, estructuras, lineamientos y contactos. En forma paralela, se recopiló información digital de la topografía de las áreas de localización de los embalses, a escala 1:50.000 del IGM. Las coberturas que se consideraron son: red hídrica, caminos y curvas de nivel. Finalmente, se procedió a generar los planos geológicos de cada sitio a una escala entre 25.000 y 30.000. Caso excepcional lo constituyo el embalse cubierto por la carta geológica a escala 1:500.000, la cual se representó a escala 1:50.000.

Cabe destacar que la complejidad y propiedad de las fuentes de información solo permitieron comprometer los entregables en formatos JPG.

Taller de ponderación de los sitios:

Realización de un taller interno con profesionales de Cuenca, para evaluar la aptitud de lossitios de acuerdo a parámetros de diseño y las características geológicas, geotécnicas y ambientales del emplazamiento.Los criterios de ponderación para esta componente se establecieron según escala de notas de 1 a 7, siendo:

7: OPTIMO

5: BUENO reúne condiciones pero requiere ciertas mejoras de diseño y estudios complementarios

3: REGULAR con reparos. Requiere estudios de mayor detalle.

1: MALO presenta aspectos vulnerables y/o incertidumbres que no lo hacen recomendable.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

El Cuadro 1 adjunto agrupa los sitios respecto a las unidades geomorfológicas, indicando código, coordenadas y comuna a la cual pertenece La Figura 1 representa el esquema geomorfoestructural regional, mostrando la ubicación de los sitios de embalses proyectados, respecto a las unidades geomorfoestructurales que se describirán a continuación.

El reconocimiento de terreno se efectuó en dos campañas de 5 y 6 días respectivamente distribuidos entre el 5 y 9 de marzo y el 19 y 24 de marzo, totalizando la revisión de 25 sitios.

Para cada sitio se representa y describe las unidades de rocas y suelos que conforman el contexto geológico local del área de influencia directa de la obra prevista. Esta información se complementa con el Anexo fotográfico que registra y da cuenta de sus principales características. Los sitios se han numerado correlativamente según la hoja IGM a la cual pertenecen y se han separado según su pertenencia a la Región de los Ríos (LR) y de Los lagos (LL) respectivamente.

CUADRO N°1
GEOLOGÍA SITIOS PROPUESTOS REGIÓN DE LOS RÍOS.

CODIGO	NOMBRE	NORTE	ESTE	COTA	COMUNA	TIPO	CLASIFICACIÓN
LL-035-01	EL ENCANTO	5481300	718500	272	OSORNO/PUYEHUE	4.6	Lacustre de Barrera morrénica
LL Pucopio	**PUCOPIO**	5524132	629405		SAN JUAN DE LA COSTA	4.3	Cordillera de la costa
LL-030-02	**RAULI**	5467000	619675	172	PURRANQUE		
LL-030-03	**CHUNGUE**	5466400	618830	126	PURRANQUE		
LL-039-11	**RIO BLANCO**	5436300	615700	65	FRESIA		
LL-024-01	**PILMAIQUEN**	5509200	684700	100	RIO BUENO	4.4	Llano central con morrenas de ablación y conos de solifluxión periglacial
LL-039-16	**HUEYUSCA**	5455387	612387	62	FRESIA		
LL-040-07	**CAÑAL**	5437000	640500	159	FRESIA		
LL-048-03	**SURGIDERO**	5416400	615200	109	LOS MUERMOS		
LL-049-03	**NARANJO**	5415990	632150	92	LOS MUERMOS		
LL-050-03	**CHAQUEIGUA**	5408100	650300	54	PUERTO MONTT		

CONTEXTO GEOMORFOLOGICO Y GEOLOGICO REGIONAL

La Figura 1 adjunta, muestra, a gran escala, las distintas subregiones morfológicas que conforman la IV agrupación zonal y los principales rasgos estructurales (fallas y lineamientos) que las afectan. De poniente a oriente las unidades corresponden a:

La Precordillera (3.6): Proviene de la III agrupación zonal de Cuencas y Llano fluvio-glacio-volcánico, extendiéndose hasta el sector oeste del Volcán Llaima. Es de origen sedimentario y se caracteriza por la acumulación caótica de materiales. En este sector, se estampa por erosión fluvial, reapareciendo pobremente hacia el sur, hasta quedar sin representación, dando lugar a los materiales morrénicos (4.6) típicos de la IV agrupación zonal.

Planicie Litoral de sedimentación marina y fluviomarina (4.1): Ubicadas sobre un litoral de gran extensión, las planicies cubren superficies variables, debido a las presiones que ejercen sobre ellas los relieves desprendidos de la cordillera de la Costa (4.3). Esta unidad se impone en algunos segmentos por sobre la Planicie Marina, ahogándola, generando intermitencia por algunos segmentos hacia el sur. Este rasgo de discontinuidad permite distinguir porciones bien definidas del sector costero: Sector Arauco-Cañete entre Bío-Bío y Tírua, extendiéndose por 170km; Sector Planicie de Carahue cuya longitud alcanza 75 km, entre río Moncul y río Queule; y finalmente la planicie desde el río Llico hasta Carelmapu, con una extensión de 60 km. En general, la sedimentación de la planicie corresponde a arenas negras originadas en la actividad volcánica del sistema Antuco, siendo geomorfológicamente más importante, el aplanamiento Arauco-Cañete, que posee la mayor riqueza carbonífera del país. En esta unidad no se proyectan embalses.

Llanos de sedimentación fluvial (4.2): esta unidad se emplaza inmediatamente al este de las planicies litorales, presentando un carácter discontinuo por la irrupción de estribaciones del basamento metamórfico que conforma la Cordillera de la Costa. Se caracteriza por un reemplazo en sus materiales de arrastre cambiando de gravas y bolones a un predominio de arenas, arcillas y limos desde el río Bío Bío al sur de Valdivia. En esta unidad no se proyecta el emplazamiento de embalses.

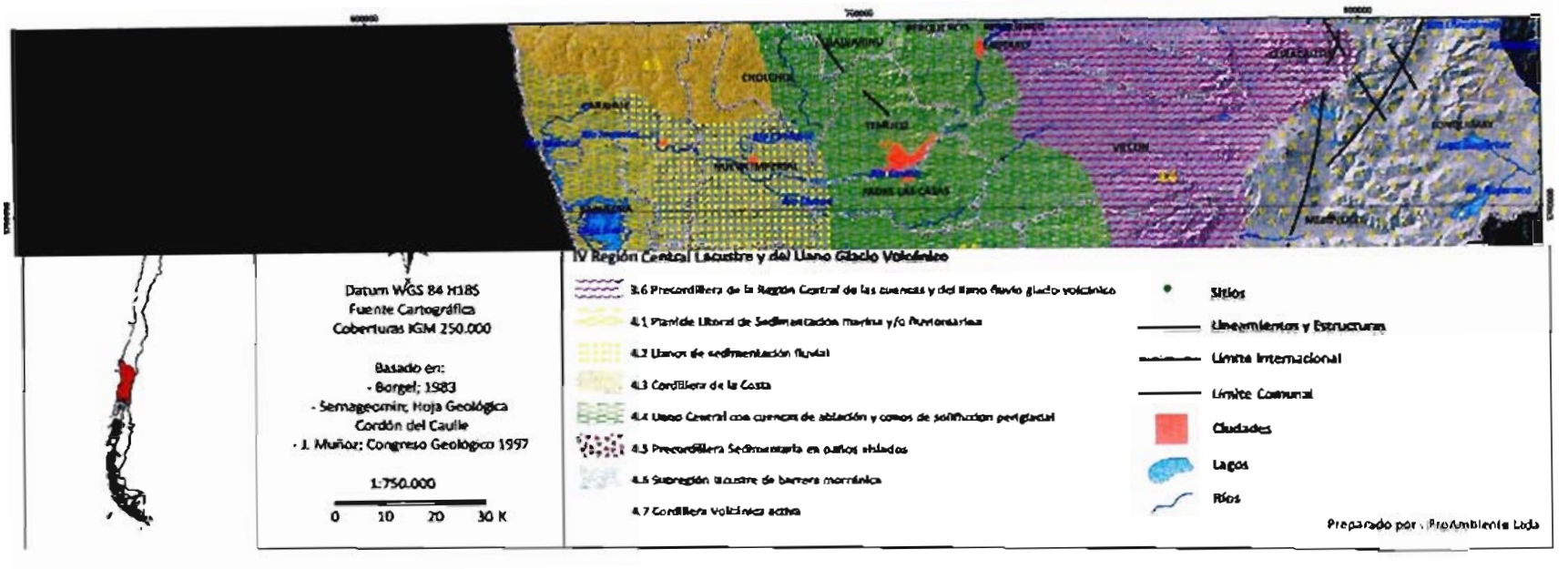
Cordillera de la costa (4.3): en ella existe un claro dominio de rocas metamórficas paleozoicas. Desde el sur del Bío-Bío es denominada Cordillera de Nahuelbuta, considerada de gran importancia orográfica, ya que actúa como 'biombo climático' sobre los territorios ubicados en su flanco oriental. Esta unidad se extiende en forma discontinua en el segmento norte, con estribaciones del basamento metamórfico paleozoico que sobresale del relieve de los llanos de sedimentación fluvial. Alcanza su mayor continuidad desde Valdivia al sur. Las rocas predominantes corresponden a esquistos, filitas y cuarcitas con desarrollo de potentes suelos residuales pardo rojizos. Limita al oriente con la Depresión intermedia. En esta unidad se proyecta el emplazamiento de 4 embalses distribuidos en las comunas de: Purranque (LL- 030-02 y LL-030-03); Fresia (LL-039-11).

Llano Central con morrenas de ablación y conos de Solifluxión Periglacial (4.4): esta unidad se extiende en una longitud superior a los 400 Kms., con un ancho máximo de 85 Kms, en sentido E-W. Al sur de Temuco se presenta discontinua -interrumpida por un paño aislado de la precordillera sedimentaria (4.5) y estribaciones que encadenan la cordillera de los Andes con la cordillera de la Costa. Esta unidad se caracteriza por presentar una topografía fuertemente ondulada y un dominio de sedimentación de origen glacial, fluvial y volcánico. Hacia el oriente limita con la subregión lacustre de barrera morrénica (4.6). En esta unidad se proyecta el emplazamiento de 16 embalses distribuidos en las comunas de: Río Bueno (LL-024-01); Fresia (LL-039-16 y LL-040-07); Los Muermos (LL-048-03; LL-049-03) y Puerto Montt (LL-050-03).

Lacustre de barrera Morrénica (4.6): Se extiende desde los lagos Colico y Caburga por el norte hasta el Llanquihue y Chapo por el sur. Constituye una franja Norte Sur estimada en unos 340 kms. lineales, cuya fisonomía corresponde a un conjunto de depresiones encadenadas con otras pequeñas cuencas, a través de ríos emisarios, trepando al interior de los andes y traspasando hacia la vertiente oriental andina hacia territorio Argentino. Esta región geomorfológica se caracteriza por la sostenida actividad volcánica, representada por los materiales piroclásticos y flujos volcánicos que han descendido por las laderas de los edificios volcánicos hacia los Llanos de bases adyacentes. En esta unidadse proyecta el emplazamiento de 1 embalse Osorno – Puyehue (LL 035 -01).

ProAmbiente Ltda. mmxxgarrido@gmail.com 6320654 65778287

FIGURA Nº1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL



MARCO GEOLÓGICO

De acuerdo a su naturaleza, ubicación morfoestructural, génesis y constituyentes principales, las unidades geológicas presentes en las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos, se agrupan en dominios que de, Este a Oeste, se denominan:

Dominio Plutónico Volcánico de la Cordillera Principal: agrupa al conjunto de rocas volcánicas e intrusivas del Cretácico –Terciario en las cuales existen concentraciones de mineralización económica epitermal de Cu-Au, manifestaciones geotermales y evidencia de actividad volcánica actual con la presencia de numerosas fuentes de aguas termales y minerales. En el área de estudio, pertenecen a este dominio, las unidades: (**Plv**) Volcanes Pleistocenos; (**Plsv**) Rocas volcánicas del Pleistoceno Inferior asociado a los volcanes Panguipulli, Riñihue y Mocho-Choshuenco; (**Kg**) intrusivos granitoides Cretácicos; (**Kgc**) Plutón Chahuin; (**Mh**) Porfido hipabisal andesítico dacitico; (**CPgfr**) Batolito Futrono-Riñihue; entre otros.

Dominio Glacial, Fluvial y Piro clástico Cuaternario: agrupa al conjunto de depósitos de sedimentos glaciales, glaciofluviales y fluviales cuaternarios y actuales de la Depresión Intermedia. En los sedimentos de este dominio se encuentran placeres auríferos alojados en gravas y arenas y numerosas fuentes de empréstitos de áridos y diatomitas hospedadas en terrazas glaciofluviales y fluviales. En el área de estudio, pertenecen a este dominio, las unidades: (**Hf**) Depósitos fluviales; (**Hc**) Depósitos coluviales y conos de deyección; (**Hd**) Depósitos deltaicos; (**Hrm**) Depósitos de remoción en masa; (**PlHlc**) depósitos lacustres; (**PlHf**) Depósitos fluviales del Pleistoceno Superior –Holoceno; (**Plgf1**) Glaciofluviales de la Glaciación Llanquihue; (**Plm1**) Depósitos Morrénicos de la Glaciación Llanquihue; (**Plgf2**) Glaciofluviales de la Glaciación Santa María; (**Plm2**) Morrénicos de la Glaciación Santa María; (**Plgf3**) Glaciofluviales de la Glaciación Rio Llico;(**Plm3**) Morrenicos de la Glaciación Rio Llico; (**Plm4**) Morrénicos de la Glaciación Tegualda; (**Pldp**) Abanicos de depósitos piroclásticos, incluye los depósitos lahári cos de San Pablo; (**Pidi**) Diamicticos antiguos indiferenciados del Pleistoceno entre otros.

Dominio Sedimentario – Volcánico Terciario: agrupa al conjunto de rocas sedimentarias del Oligo –Mioceno, areniscas y fangolitas y escasos niveles de rocas carbonatadas y arcillas. Este dominio se caracteriza principalmente por la ocurrencia de recursos energéticos de carbón. En el área de estudio, pertenecen a este dominio las unidades: (**MPlip**) Estratos de Pitreño; (**Msd**) Formación Santo Domingo; (**OlMc**) Estratos de Cheuquemó; (**OlMp**) Estratos de Parga; (**OlMpc**) Estratos de Pupunahue- Catamutún.

Dominio Metamórfico Paleozoico: agrupa al conjunto complejo de rocas metasedimentarias, metavolcánicas y cuerpos máficos y ultramáficos, con foliación bien desarrollada y con grados de fracturamiento moderado a alto. Este complejo metamórfico ha sido asignado al lapso devónico más antiguo o Triásico. En el área de estudio, pertenecen a este dominio las unidades: (**Pzbm-PzTrbm**)

agrupadas en el Complejo metamórfico Bahía Mansa; (**Pzt**) Complejo Metamórfico Trafún; (**Trp**) Secuencias estratificadas Triásicas (Formación Panguipulli) y (**Trt**) Formación Tralcan.

ESTRUCTURAS Y LINEAMIENTOS

Los antecedentes relativos a estructuras han sido tomados de publicaciones especializadas que interpretan los sistemas estructurales existentes entre los 30°30' y 42°00' de las regiones de los Lagos y Los Ríos. La interpretación estructural se integró en la Figura N°1 Esquema Geomorfoestructural Regional.

En la **Cordillera de la Costa**, se distinguen -de acuerdo a sus orientaciones- varios patrones de lineamientos, entre los cuales se destacan aquellos de rumbo: N20°- 40°E y N20°- 40°W, ambos relacionados al contacto geológico entre el Complejo Metamórfico Paleozoico (CMBM) y las rocas sedimentarias terciarias; N45°W, que corresponden a una serie de lineamientos densos y de pequeña extensión, localizados íntegramente en rocas del CMBM. Los primeros corresponden a fallas extensionales e inversas. Los segundos corresponden a fallas transversales de alto ángulo, coincidentes con la orientación N20°-40°W. Ambos sistemas de fallas habrían controlado la apertura de las cuencas de deposición terciarias en el Oligoceno. El contacto CMBM-Terciario está marcado por una geometría sísmica de fallas inversas, que alzaron el CMBM sobre la secuencia terciaria, las cuales son cortadas por fallas transcurrentes sinistrales, interpretadas como zonas de traspaso de desplazamiento durante la compresión. Estas fallas inversas levantaron e invirtieron parcialmente las cuencas, probablemente, durante el Mioceno Superior.

En la **Depresión Central**. no se han detectado estructuras regionales en superficie. Sin embargo, es posible distinguir lineamiento de direcciones preferenciales NE-SW. Esta depresión alberga una gran cuenca sedimentaria conocida como 'Catamutún' (Pérez et Al; 2003), que tiene un eje alargado NNE-SSW, donde el sector de su máximo depocentro contiene más de 1.500 m de sedimentos que datan del Terciario al Cuaternario. Dicha cuenca se puede interpretar como un graben asimétrico, donde el sistema de fallas de subsuperficie se puede caracterizar por fallas normales que afectan solo al basamento y a las sedimentitas terciarias. Este sistema correspondería a una progresiva deformación extensional que controló la sedimentación.

En la **Cordillera Principal**, destaca el sistema de fallas Liquiñe Ofqui. Es un sistema de falla transpresional de carácter regional de más de 1200 kms de longitud, reconocida desde el norte del lago Caburgua, proyectándose hacia Argentina, hasta el Golfo de Penas, en el sector del Istmo de Ofqui. Su parte norte (incorporada en este estudio) consiste en una rama principal rumbo N10°E que según (Hervé ,1976) tiene un desplazamiento transcurrente dextral, y con un manteo fuerte de 80° a 85°. Este sistema de fallas representa el arco magmático de la región, que caracteriza la zona.

CARACTERIZACIÓN DE LOS SITIOS:

A continuación se describen los atributos de los emplazamientos desde el punto de vista geológico, geomorfológico, aspectos geotécnicos y medioambientales. Esta información se sintetiza en Fichas presentadas como anexos digitales, descritas de norte a sur para la región de los Ríos. Los nombres de éstas se pueden observar en el Cuadro N°2.

CUADRO N°2
FICHAS EMBALSES REGIÓN DE LOS RÍOS

CODIGO	NOMBRE	NORTE	ESTE	COTA	COMUNA
LL Pucopio	PUCOPIO	5524132	629405		SAN JUAN DE LA
LL-024-01	PILMAIQUEN	5509200	684700	100	RIO BUENO
LL-030-02	RAULI	5467000	619675	172	PURRANQUE
LL-030-03	CHUNGUE	5466400	618830	126	PURRANQUE
LL-035-01	EL ENCANTO	5481300	718500	272	OSORNO/PUYEHUE
LL-039-11	RIO BLANCO	5436300	615700	65	FRESIA
LL-039-16	HUEYUSCA	5455387	612387	62	FRESIA
LL-040-07	CAÑAL	5437000	640500	159	FRESIA
LL-048-03	SURGIDERO	5416400	615200	109	LOS MUERMOS
LL-049-03	NARANJO	5415990	632150	92	LOS MUERMOS
LL-050-03	CHAQUEIGUA	5408100	650300	54	PUERTO MONTT

ANEXO 4-2

RECURSOS HÍDRICOS

ANEXO 4-2
CARACTERIZACIÓN RECURSOS HÍDRICOS
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	**ASPECTOS METODOLÓGICOS**	**1**
2.	**RELLENO DE Y EXTENSIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS Y FLUVIOMÉTRICOS**	**1**
2.1.	RELLENO Y EXTENSIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS	1
2.2.	RELLENO Y EXTENSIÓN DE DATOS FLUVIOMÉTRICOS	1
2.2.1.	Extensión de Caudales Medios Mensuales observados (Qob) Por Medio de la Pp representativa de la Cuenca (ExtQobPp)	1
2.2.2.	Extensión de Caudales Medios Mensuales observados (Qb) Por Medio de Transposición, utilizando Área y Precipitación (TAPp)	3
2.2.3.	Extensión de Caudales Medios Mensuales observados (Qob) Por Medio de Transposición, utilizando Área y Precipitación y se cuenta con una subcuenca (Asub) con datos registrados (TAPp+Q):	3
2.3.	RESUMEN DE DATOS EXTENDIDOS Y RELLENADOS	3
3.	**ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES DISPONIBLES**	**9**
3.1.	PRECIPITACIONES	9
3.2.	FACTORES DE TRASPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES	10
3.3.	PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE LOS PROYECTOS	11
3.4.	GENERACIÓN DE CAUDALES	11
3.4.1.	Introducción	11
3.4.2.	Método Relación Precipitación - Escorrentía	12
3.4.2.1.	Fórmula de Grunsky	12
3.4.2.2.	Fórmula de Peñuelas	12
3.4.2.3.	Fórmula de Coutagne	13
3.4.2.4.	Fórmula de Turc	13
3.4.3.	Trasposición de Caudales	14
3.4.4.	Resultados Generación de Caudales	14
4.	**CRECIDAS**	**17**
4.1.	INTRODUCCIÓN	17
4.1.1.	Método Racional	17
4.1.2.	Método de Verni King	17
4.1.3.	Método DGA-AC	18
4.2.	CAUDALES GENERADOS	18

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-2
CARACTERIZACIÓN RECURSOS HÍDRICOS

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan las precipitaciones de cada sitio con su correspondiente estación asociada, los criterios y los métodos ocupados para obtener la relación de precipitación escorrentía, datos que serán ocupados posteriormente en el pre dimensionamiento de las obras de embalse o captación según se requiera.

2. RELLENO DE Y EXTENSIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS Y FLUVIOMÉTRICOS

2.1. RELLENO Y EXTENSIÓN DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS

Se realizó el relleno, corrección y extensión de las estaciones pluviométricas que se utilizaron para la estimación de las precipitaciones sobre las cuencas en estudio a partir de Correlaciones Lineales entre estaciones, a nivel Mensual y Anual. Los resultados obtenidos se presentan en la Hoja "CL.Plu". Se utilizó el método de la Curva Doble Acumulada (Hoja "CDA.Plu") para verificar la validez de los datos. La estación Lago Maihue presentó un quiebre entre los años 1983-1984 y 1984-1985 por lo que se corrigieron los registros desde 1980 hasta 1984.

2.2. RELLENO Y EXTENSIÓN DE DATOS FLUVIOMÉTRICOS

Para el relleno y extensión de los Caudales Medios Mensuales Observados (Qob) de las estaciones fluviométricas se realizó la metodología (ExtQobPp) descrita a continuación.

2.2.1. Extensión de Caudales Medios Mensuales observados (Qob) Por Medio de la Pp representativa de la Cuenca (ExtQobPp)

Paso 1) Se genera la precipitación representativa de la cuenca, delimitada por la estación Fluviométrica, a partir de los registros pluviométricos de una estación cercana y las isoyetas de Pp media anual. Los cálculos se encuentran en la Hoja "LRyLL" y la metodología se describe en los puntos 3.2 y 3.3 de este Anexo.

Paso 2) Se Genera una serie de caudales medios mensuales sintéticos (Qs) por los métodos indirectos en el periodo deseado (periodo con datos concurrentes y a extender). Los cálculos se encuentran en la Hoja "LRyLL" y la metodología se describe en el punto 3 de este Anexo.

Paso 3) Se obtiene un factor de corrección mensual (Fq) de los Qs con la relación Fq= (Promedio Qob) / (Promedio Qs) en el periodo concurrente. En el Cuadro

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

2.2.1-1 se presentan los factores obtenidos para el relleno y extensión de la estación RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE.

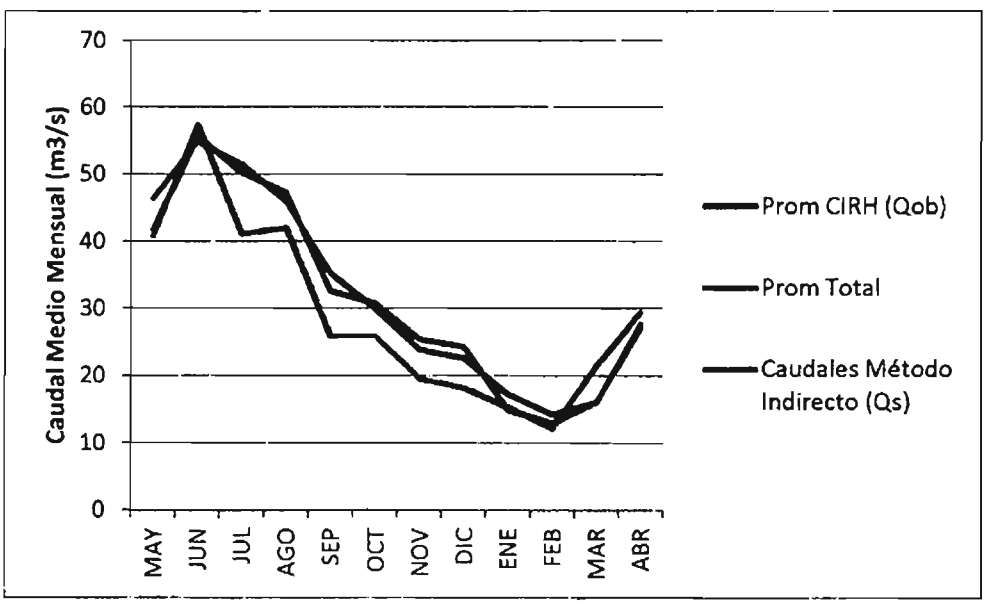
CUADRO 2.2.1-1
FACTOR DE CORRECCIÓN F_Q PARA Q_S EN ESTACIÓN RÍO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE

Parámetro	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
Promedio Qs (m^3/s)	41	57	41	42	26	26	20	18	15	12	21	29	30
Promedio Qob (m^3/s)	42	56	48	46	34	31	25	24	15	13	16	27	32
Factor Fq	1,02	0,97	1,18	1,08	1,30	1,18	1,27	1,33	0,98	1,04	0,74	0,93	1,08

Fuente: Elaboración Propia

Paso 4) Luego, al multiplicar Fq por el valor del Qs se obtiene los Caudales Medios Mensuales generados (Qg) que extienden la serie (Qg=Qs*Fq). En la Figura 2.2.1-1 se presentan las curvas de caudales medios mensuales de: los caudales Qs y Qob en el periodo concurrente y de la serie rellenada y extendida en el periodo 1980-2010. Los cálculos se presentan en la Hoja "RE.Flu".

FIGURA 2.2.1-1
COMPARACIÓN DE CURVAS DE CAUDALES MENSUALES ESTACIÓN RÍO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE



Fuente: Elaboración Propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

2.2.2. Extensión de Caudales Medios Mensuales observados (Q_b) Por Medio de Transposición, utilizando Área y Precipitación (TAPp)

El método de trasposición de caudales liga los resultados de una cuenca con datos conocidos con la cuenca de interés. Para esto se utiliza la relación y se siguen los siguientes pasos:

$$\frac{Q_1}{A_1 \cdot Pp_1} = \frac{Q_2}{A_2 \cdot Pp_2}$$

Paso 1) Ubicación de una estación fluviométrica en la misma cuenca o en una cuenca vecina con las mismas características geomorfológicas y de régimen fluvial.

Paso 2) Estimación de la precipitación representativa de las dos cuencas involucradas (Pp_1 y Pp_b), a partir de los registros pluviométricos de una estación cercana y las isoyetas de Pp media anual.

Paso 3) Definición de las áreas de las dos cuencas (A_1 y A_2).

Paso 4) Estimación de los Caudales Medios Mesuales en el periodo a extender (Q_a) a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_1 = \frac{A_1\, Pp_1}{A_2\, Pp_2}\, Q_2$$

2.2.3. Extensión de Caudales Medios Mensuales observados (Qob) Por Medio de Transposición, utilizando Área y Precipitación y se cuenta con una subcuenca (Asub) con datos registrados (TAPp+Q):

En el caso de que exista una subcuenca con un registro de caudales, se realiza la metodología TAPp, sin considerar el área de la subcuenca con registro, luego (Paso 5) al resultado final se le agrega el caudal medido.

$$Q_a = Q_{sub} + \frac{A_1' \cdot Pp_1'}{A_2\, Pp_2}\, Q_2$$

donde $A_a'=A_a-A_{sub}$ y P_a' es la precipitación sobre la cuenca A_a'.

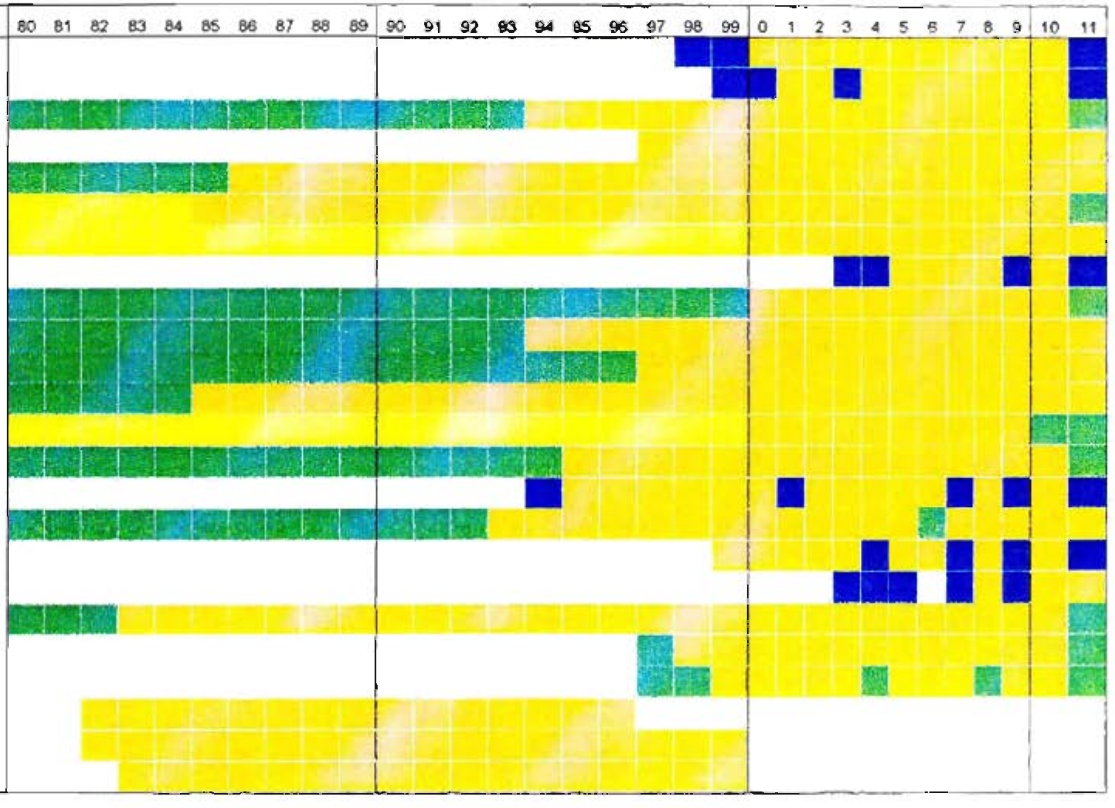
2.3. RESUMEN DE DATOS EXTENDIDOS Y RELLENADOS

En el Cuadro 2.3-1 y 2.3-2 se presenta un resumen de datos disponibles, relleno y extensión de datos pluviométricos y fluviométricos disponibles en la zona de estudio.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 2.3-1
RESUMEN RELLENO Y EXTENSIÓN DATOS PLUVIOMÉTRICOS

ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS	PERIODO	EXTENDIDO CON	MÉTODO
PIRIHUEICO EN PIRIHUEICO	1939 2011		
PIRIHUEICO EN PTO. FUY	1999 2011		
LIQUIÑE	1993 2011	EST. LAGO CALAFQUEN	CL
COÑARIPE	1997 2011		
LAGO CALAFQUEN	1970 2011	EST. LAGO RANCO	CL
LAGO RIÑIHUE (AC)	1985 2011	EST. HUICHACO	CL
LLANCAHUE (AC)	1972 2011		CI
VALDIVIA (U. AUSTRAL)	2003 2011		
SAN JOSÉ MARIQUINA	1939 2011	EST. LLANCAHUE	CL
HUICHACO	1994 2011	EST. SAN JOSÉ MARIQUINA	CL
CATAMUTUN	1997 2011	EST. EL LLOLLY	CL
LAGO MAIHUE	1976 2011	EST. LLANCAHUE	CL
LAGO RANCO (AC)	1958 2011	EST. LAGO RIÑIHUE(1)	CL
EL LLOLLY	1994 2011	EST HUICHACO Y LAGO RIÑIHUE	CL
FUTACUHUIN	1984 2011		
RUPANCO	1993 2011	EST. ADOLFO MATTHEI	CL
PURRANQUE	1999 2011		
RIO NEGRO EN CHAHUILCO	2003 2011		
ADOLFO MATTHEI	1983 2011	EST. CATAMUTUN	CL
TRINIDAD	1997 2011		
VENECIA	1997 2011		
LA UNION (AC)	1958 1996		
REÚMEN (AC)	1958 1999		
RÍO BUENO (AC)	1958 1999		

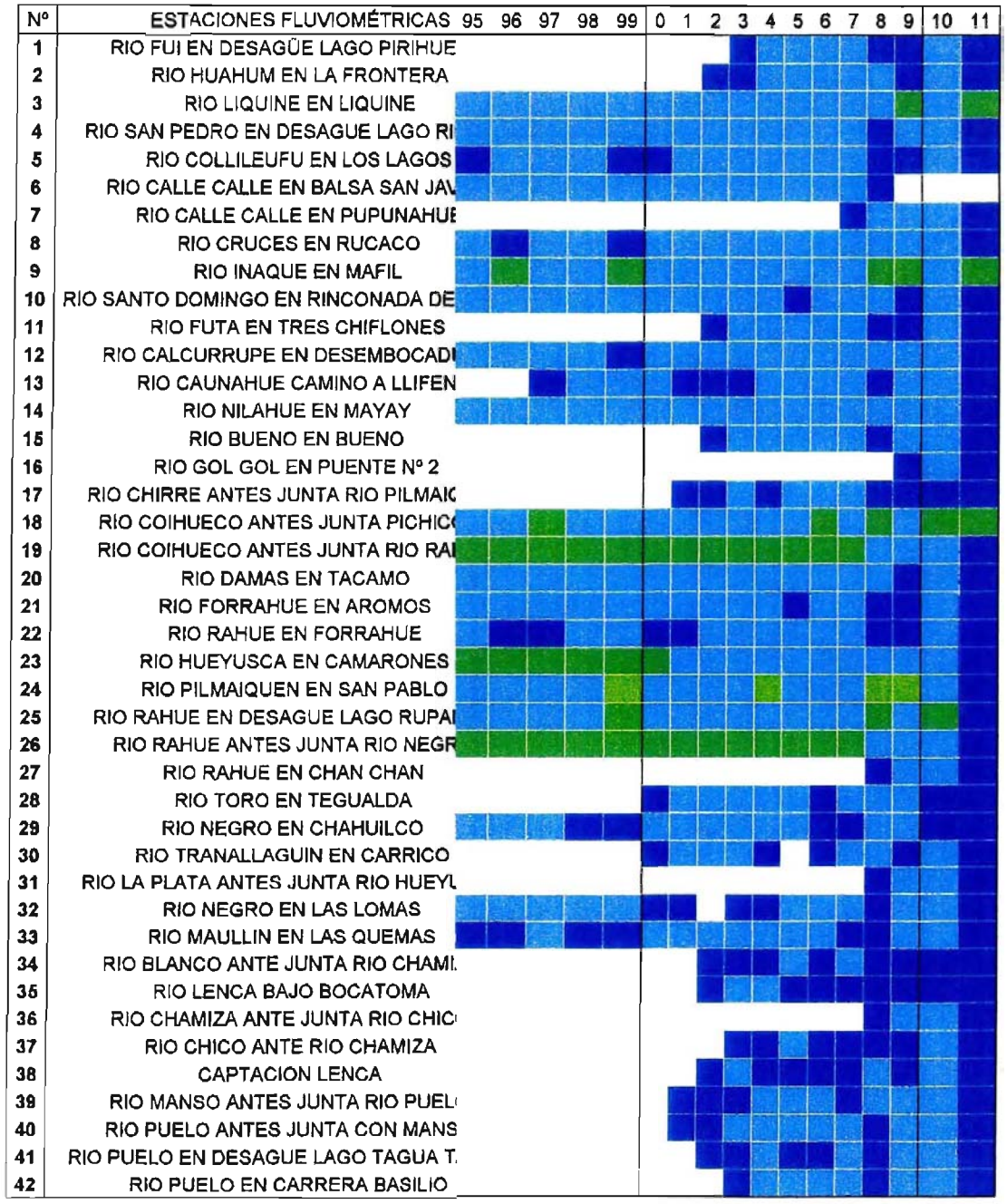


AC: Estaciones obtenidas de estudio realizado por AC Ingenieros

CL: Extensión, corrección y relleno de datos a través del método de correlación lineal

Fuente: Elaboración Propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl


Nº
ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS
95 96 97 98 99 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
1 RIO FUI EN DESAGÜE LAGO PIRIHUE
2 RIO HUAHUM EN LA FRONTERA
3 RIO LIQUINE EN LIQUINE
4 RIO SAN PEDRO EN DESAGUE LAGO RI
5 RIO COLLILEUFU EN LOS LAGOS
6 RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAV
7 RIO CALLE CALLE EN PUPUNAHUE
8 RIO CRUCES EN RUCACO
9 RIO INAQUE EN MAFIL
10 RIO SANTO DOMINGO EN RINCONADA DE
11 RIO FUTA EN TRES CHIFLONES
12 RIO CALCURRUPE EN DESEMBOCADU
13 RIO CAUNAHUE CAMINO A LLIFEN
14 RIO NILAHUE EN MAYAY
15 RIO BUENO EN BUENO
16 RIO GOL GOL EN PUENTE Nº 2
17 RIO CHIRRE ANTES JUNTA RIO PILMAIC
18 RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHIC
19 RIO COIHUECO ANTES JUNTA RIO RA
20 RIO DAMAS EN TACAMO
21 RIO FORRAHUE EN AROMOS
22 RIO RAHUE EN FORRAHUE
23 RIO HUEYUSCA EN CAMARONES
24 RIO PILMAIQUEN EN SAN PABLO
25 RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPA
26 RIO RAHUE ANTES JUNTA RIO NEGR
27 RIO RAHUE EN CHAN CHAN
28 RIO TORO EN TEGUALDA
29 RIO NEGRO EN CHAHUILCO
30 RIO TRANALLAGUIN EN CARRICO
31 RIO LA PLATA ANTES JUNTA RIO HUEYU
32 RIO NEGRO EN LAS LOMAS
33 RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS
34 RIO BLANCO ANTE JUNTA RIO CHAMI
35 RIO LENCA BAJO BOCATOMA
36 RIO CHAMIZA ANTE JUNTA RIO CHIC
37 RIO CHICO ANTE RIO CHAMIZA
38 CAPTACION LENCA
39 RIO MANSO ANTES JUNTA RIO PUEL
40 RIO PUELO ANTES JUNTA CON MANS
41 RIO PUELO EN DESAGUE LAGO TAGUA T.
42 RIO PUELO EN CARRERA BASILIO

3. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES DISPONIBLES

3.1. PRECIPITACIONES

Para el estudio de las precipitaciones mensuales en la zona de estudio se utilizaron datos de las estaciones correspondientes a cada sitio, las cuales se presentan en el Cuadro 3.1-1.

CUADRO 3.1-1
ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS USADAS PARA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS

Captaciones		Embalses	
Sitio	Estación	Sitio	Estación
LL-023-01	Rupanco	LL-024-01	Rupanco
LL-024-02	Rupanco	LL-030-02	Rupanco
LL-024-03	Rupanco	LL-030-03	Rupanco
LL-024-04	Rupanco	LL-035-01	Rupanco
LL-025-02	Rupanco	LL-039-11	Rupanco
LL-033-02	Rupanco	LL-039-16	Rupanco
LL-039-03	Rupanco	LL-040-07	Rupanco
LL-040-01	Rupanco	LL-048-03	Rupanco
LL-040-04	Rupanco	LL-049-03	Rupanco
LL-041-01	Rupanco	LL-050-03	Rupanco
LL-041-05	Rupanco	-	-
LL-043-01	Rupanco	-	-
LL-043-03	Rupanco	-	-

Fuente: Elaboración propia

Para las estaciones anteriormente indicadas, se presenta en el Cuadro 3.1-2 las precipitaciones promedio mensuales en milímetros durante el período de estudio de 30 años entre 1980 y 2010.

CUADRO 3.1-2
PRECIPITACIONES PROMEDIO ESTACIONES PLUVIOMÉTRICAS USADAS PARA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS (mm)

Estación	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total Anual
Rupanco	219	251	214	201	133	121	91	83	83	66	103	146	1.711

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

3.2. FACTORES DE TRASPOSICIÓN DE PRECIPITACIONES

Para efectos de generar estadísticas de precipitación en cada una de los sitios, se procedió a trasponer las estadísticas de las estaciones base mostradas en el Cuadro 3.1-2 mediante las isoyetas de precipitación anual y máxima del Mapa de Isoyetas del Balance Hídrico de Chile (DGA-MOP, 1987).

A partir de estos mapas regionales fue posible determinar la relación que existe entre la precipitación medida en la estación base y cada sitio específico de localización de los proyectos de embalses o captaciones superficiales. Este factor, llamado factor de transposición, se determina como el cuociente entre la precipitación de la cuenca base y la precipitación de la cuenca de interés. Los factores de trasposición se presentan en el Cuadro 3.2-1.

CUADRO 3.2-1
FACTORES DE TRASPOSICIÓN SITIOS DE INTERÉS

Código Sitio	P Estación (mm)	P Sitio (mm)	Factor transposición	Estación Base
LL-023-01	1.711	2.404	0,712	Rupanco
LL-024-01	1.711	2.973	1,738	Rupanco
LL-024-02	1.711	1.699	1,007	Rupanco
LL-024-03	1.711	1.592	1,075	Rupanco
LL-024-04	1.711	1.575	1,086	Rupanco
LL-025-02	1.711	1.716	0,997	Rupanco
LL-030-02	1.711	2.833	0,604	Rupanco
LL-030-03	1.711	2.972	0,576	Rupanco
LL-033-02	1.711	1.582	1,082	Rupanco
LL-035-01	1.711	1.992	0,859	Rupanco
LL-039-03	1.711	2.009	0,852	Rupanco
LL-039-11	1.711	2.086	0,820	Rupanco
LL-039-16	1.711	2.818	0,607	Rupanco
LL-040-01	1.711	1.894	0,903	Rupanco
LL-040-04	1.711	1.839	0,930	Rupanco
LL-040-07	1.711	1.583	1,081	Rupanco
LL-041-01	1.711	1.565	1,093	Rupanco
LL-041-05	1.711	1.529	1,119	Rupanco
LL-043-01	1.711	2.746	0,623	Rupanco
LL-043-03	1.711	3.517	0,487	Rupanco
LL-048-03	1.711	1.945	0,879	Rupanco
LL-049-03	1.711	1.794	0,954	Rupanco
LL-050-03	1.711	1.662	1,029	Rupanco

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

3.3. PRECIPITACIÓN EN LA ZONA DE LOS PROYECTOS

Para obtener las precipitaciones en la zona de cada uno de los sitios propuestos para los proyectos de embalses y captaciones superficiales, se realizó una transposición de las precipitaciones de las estaciones pluviométricas base a las zonas de interés usando el coeficiente de trasposición presentado anteriormente en el Cuadro 3.2-1. De esta forma, se obtuvo la distribución mensual de la precipitación para el período 1980 a 2010, cuyo valor promedio se muestra para cada sitio en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIONES MENSUALES PROMEDIO SITIOS DE INTERÉS (MM)

Código Sitio	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total Anual
LL-024-02	218	249	212	199	132	120	91	82	82	66	102	145	1699
LL-024-03	204	234	199	187	123	113	85	77	77	62	96	136	1592
LL-024-04	202	231	197	185	122	112	84	76	76	61	95	134	1575
LL-025-02	220	252	214	201	133	122	92	83	83	67	103	146	1716
LL-043-01	352	403	343	322	213	194	147	133	133	107	165	234	2746
LL-039-03	258	295	251	235	156	142	107	98	97	78	121	171	2009
LL-040-01	243	278	236	222	147	134	101	92	92	74	114	161	1894
LL-040-04	236	270	230	216	143	130	98	89	89	71	110	157	1839
LL-041-01	201	230	195	183	121	111	84	76	76	61	94	133	1565
LL-041-05	196	224	191	179	119	108	82	74	74	59	92	130	1529
LL-050-03	213	244	207	195	129	118	89	81	81	65	100	141	1662
LL-023-01	308	353	300	282	187	170	129	117	117	93	144	205	2404
LL-033-02	203	232	197	185	123	112	85	77	77	61	95	135	1582
LL-043-03	451	516	439	412	273	249	188	171	171	137	211	299	3517
LL-024-01	381	436	371	348	231	211	159	144	144	116	179	253	2973
LL-035-01	255	292	249	233	155	141	106	97	97	77	120	170	1992
LL-039-11	267	306	260	244	162	148	112	101	101	81	125	178	2086
LL-040-07	203	232	198	185	123	112	85	77	77	61	95	135	1583
LL-048-03	249	286	243	228	151	138	104	94	94	76	117	166	1945
LL-049-03	230	263	224	210	139	127	96	87	87	70	108	153	1794
LL-030-02	363	416	354	332	220	201	151	138	137	110	170	241	2833
LL-030-03	381	436	371	348	231	211	159	144	144	115	178	253	2972
LL-039-16	361	414	352	330	219	200	151	137	137	109	169	240	2818

Fuente: Elaboración propia

3.4. GENERACIÓN DE CAUDALES

3.4.1. Introducción

La estimación de caudales medios anuales se realizó por medio del método Relación Precipitación-Escorrentía (P-E) y por el método de transposición de caudales.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

Para generar los caudales medios con el método P-E se utiliza las precipitaciones anuales indicadas en el Cuadro 3.3-1, representativas de las zonas de los proyectos, y se aplican las fórmulas empíricas (Grunsky, Peñuelas, Coutagne y Turc).

Por otra parte, el método de transposición de caudales utiliza el registro de una estación fluviométrica que tenga un área aportante con características similar a la cuenca en la que se desea generar caudales, tanto en morfología como en régimen de caudales.

Los cálculos y resultados se encuentran disponibles en la Hoja "LRyLL" y se resumen en la Hoja "Resumen2".

3.4.2. Método Relación Precipitación - Escorrentía

3.4.2.1. Fórmula de Grunsky

Propuesta en Estados Unidos, expresa que la escorrentía (Es), se puede estimar como:

$Es=0,4P^2$ (m) para $P \leq 1,25$ m.

Siendo P la precipitación media anual (m).

La expresión anterior es válida cuando P es menor o igual a 1.250 mm. Para precipitaciones superiores a dicho valor, el déficit de escorrentía es máximo y toda precipitación sobre dicho valor escurre, es decir, para $P > 1,25$ m toda la precipitación escurre, Dmax =625 mm.

$Es= P - D\ máx. = P - 0,625$ para $P > 1,25$ m.

Siendo D máx. igual al déficit de escorrentía.

3.4.2.2. Fórmula de Peñuelas

Establecida para la zona central de Chile por el Ingeniero A. Quintana alrededor de 1930, y basándose fundamentalmente en mediciones hechas en el Lago Peñuelas (provincia de Valparaíso).

$Es=0,5\ P^2$ (m) para $P \leq 1,00$ m.

Para $P> 1,00$ m, toda la precipitación escurre, D_{max} =500 mm.

CUENCA Ingenieros Consultores Ltda.
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

3.4.2.3. Fórmula de Coutagne

Esta fórmula, propuesta en Francia, establece que el déficit de escorrentía (D) puede estimarse como:

$$D = P - \lambda P^2 \text{ (m)}$$

En consecuencia:

$$Es = P - D = \lambda P^2 \text{ (m)}$$

en que:

$$\lambda = \frac{1}{0{,}8 + 0{,}14T}$$

Siendo T la temperatura media anual en (°C).

La relación anterior, según el autor, es válida para valores de P en el rango:

$$\frac{1}{8\lambda} < P < \frac{1}{2\lambda}$$

Para valores de $P < 1/8\lambda$, se tiene que D=P, es decir no hay escorrentía. Para valores de $P > 1/2\lambda$, el déficit de escorrentía es independiente de P, siendo:

$$D = 0{,}2 + 0{,}035\ T$$

3.4.2.4. Fórmula de Turc

Obtenida a partir de observaciones efectuadas en 254 cuencas de climas y características diferentes en todo el planeta.

$$D = \frac{P}{\sqrt{0{,}9 + \left(P/L\right)^2}}$$

para D y P en milímetros, en que L (parámetro heliotérmico):

$$L = 300 + 25\ T + 0{,}05\ T^3$$

En consecuencia:

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

Es= P - D (mm)

A partir de la información de la Escorrentía Anual promedio, se generan los caudales anuales, a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{anual} = \frac{E * A}{31{,}536}(m^3/s)$$

Donde:

Q_{anual}: Caudal anual (m^3/s)

E : Escorrentía promedio (mm)

A : Área aportante (km^2)

3.4.3. Trasposición de Caudales

Tal como se indicó en el acápite 2.2.2, el método de trasposición de caudales liga los resultados de una cuenca con datos conocidos con la cuenca de interés. Para esto se utiliza la relación:

$$\frac{Q_1}{A_1 \cdot Pp_1} = \frac{Q_2}{A_2 \cdot Pp_2}$$

Donde el subíndice "1" representa la cuenca desconocida y el subíndice "2" la cuenca conocida. De esta manera el caudal en la cuenca "1" está dado por la relación:

$$Q_1 = \frac{A_1\, Pp_1}{A_2\, Pp_2}\, Q_2$$

Conocida la precipitación media de las cuencas y las áreas, se determina el coeficiente de trasposición, y posteriormente la estadística de precipitaciones para la cuenca de interés.

3.4.4. Resultados Generación de Caudales

En el Cuadro 3.4.4-1 se muestra para cada sitio el método de generación de caudales utilizado. Posteriormente, los resultados de la generación de caudales se presentan en el Cuadro 3.4.4-2.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 3.4.4-1
TIPO DE GENERACIÓN DE CAUDALES

Código	Tipo Generación Caudales	Estaciones Utilizadas	
		Pluviométricas	Fluviométricas
LL-023-01	Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A	Rupanco	1) Río Coihueco antes junta Río Pichicope; 2) Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco; 3) Río Coihueco Antes Junta Río Rahue; 4) Río Rahue antes junta río Negro;
LL-024-01	Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A	Rupanco	Río Pilmaiquén en San Pablo
LL-024-02	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-024-03	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-024-04	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-025-02	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-030-02	Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A	Rupanco	Río Hueyusca en Camarones
LL-030-03	Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A	Rupanco	Río Hueyusca en Camarones
LL-033-02	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-035-01	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-039-03	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-039-11	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-039-16	Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A	Rupanco	Río Hueyusca en Camarones
LL-040-01	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-040-04	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-040-07	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-041-01	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-041-05	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-043-01	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-043-03	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-048-03	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-049-03	Generación Sintética P-E	Rupanco	
LL-050-03	Generación Sintética P-E	Rupanco	

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 3.4.4-2
RESULTADOS GENERACIÓN DE CAUDALES (m³/s)

Sitio	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Anual
LL-023-01	2,10	2,68	2,03	1,84	1,32	1,21	0,87	0,82	0,85	0,62	1,02	1,43	1,36
LL-024-01	120,5	181,8	191,2	172,2	142,4	116,9	106,4	92,9	69,9	56,6	55,4	75,1	115,1
LL-024-02	0,25	0,32	0,24	0,22	0,16	0,15	0,10	0,10	0,10	0,08	0,12	0,17	0,17
LL-024-03	1,43	1,83	1,39	1,26	0,90	0,83	0,59	0,56	0,58	0,43	0,70	0,98	0,93
LL-024-04	0,14	0,18	0,14	0,13	0,09	0,08	0,06	0,06	0,06	0,04	0,07	0,10	0,11
LL-025-02	0,24	0,30	0,23	0,21	0,15	0,14	0,10	0,09	0,10	0,07	0,11	0,16	0,16
LL-030-02	0,31	0,40	0,30	0,27	0,20	0,18	0,13	0,12	0,13	0,09	0,15	0,21	0,21
LL-030-03	0,31	0,40	0,30	0,27	0,20	0,18	0,13	0,12	0,13	0,09	0,15	0,21	0,21
LL-033-02	0,18	0,23	0,18	0,16	0,12	0,11	0,08	0,07	0,07	0,05	0,09	0,12	0,13
LL-035-01	0,06	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05
LL-039-03	1,84	2,35	1,78	1,61	1,16	1,06	0,76	0,71	0,75	0,55	0,90	1,26	1,19
LL-039-11	218,1	270,7	293,6	266,3	242,9	184,1	155,2	147,6	135,9	101,7	95,9	132,8	187,5
LL-039-16	0,28	0,36	0,27	0,25	0,18	0,16	0,12	0,11	0,11	0,08	0,14	0,19	0,19
LL-040-01	0,79	1,29	1,79	1,65	1,67	1,21	0,85	1,82	1,25	0,91	0,73	0,56	1,21
LL-040-04	11,9	15,3	11,6	10,5	7,5	6,9	4,9	4,6	4,9	3,6	5,8	8,2	7,7
LL-040-07	0,41	0,53	0,40	0,36	0,26	0,24	0,17	0,16	0,17	0,12	0,20	0,28	0,28
LL-041-01	1,16	1,48	1,12	1,02	0,73	0,67	0,48	0,45	0,47	0,35	0,57	0,79	0,76
LL-041-05	1,98	2,53	1,91	1,73	1,24	1,14	0,82	0,77	0,80	0,59	0,96	1,35	1,28
LL-043-01	2,92	3,74	2,83	2,56	1,84	1,68	1,21	1,14	1,19	0,87	1,43	2,00	1,89
LL-043-03	0,46	0,58	0,44	0,40	0,29	0,26	0,19	0,18	0,19	0,14	0,22	0,31	0,30
LL-048-03	0,26	0,55	0,74	0,71	0,79	0,31	0,28	0,28	0,23	0,13	0,07	0,10	0,37
LL-049-03	1,22	2,57	3,48	3,32	3,73	1,47	1,32	1,29	1,09	0,63	0,33	0,48	1,74
LL-050-03	17,9	37,6	51,0	48,6	54,6	21,5	19,4	18,9	15,9	9,2	4,8	7,0	25,5

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

4. CRECIDAS

Para la determinación de las crecidas de diseño de las obras de seguridad, se deben determinar los caudales máximos posibles de medirse en los sitios. Con este fin se utilizan diferentes métodos, tales como método racional, Verni-King modificado, y el método DGA-AC.

4.1. INTRODUCCIÓN

4.1.1. Método Racional

La aplicación del método racional es comúnmente ocupada para estimar escorrentías sobretodo en drenajes en urbanos, cuya ecuación es:

$$Q = C * i(tc) * A$$

Donde

C: coeficiente de escorrentía que representa la relación entre el gasto máximo por unidad de área y la intensidad media máximo de lluvia durante el tiempo de concentración, este valor varía en función del periodo de retorno y depende del uso del suelo.

I; intensidad de la lluvia asociado al tiempo de concentración tc

A: área aportante de la cuenca

4.1.2. Método de Verni King

Este método está basado en la fórmula de Verni y King, que relaciona el caudal instantáneo máximo de una crecida con la precipitación diaria máxima y el área pluvial a través de una relación de potencias, cuya ecuación es:

$$Q = C(T) * 0.00618 * P_{24}^{1.24} * A_p^{0.88}$$

Q : Caudal Instantáneo máximo asociado al período de retorno T. en m^3/s

C(T) : Coeficiente empírico de período de retorno T años.

P_{24} : Precipitación diaria máxima asociada al período de retorno T, expresada en mm.

Ap : Área pluvial de la cuenca, expresada en km^2.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

4.1.3. Método DGA-AC

Consiste en un análisis regional de crecidas de origen pluvial, basado en series de máximo anuales generadas a partir de la información de caudales medios diarios máximos e instantáneos máximos del período pluvial

$$Q_{10} = 0.002 * A_P^{0.973} * \left(P_{24}^{10}\right)^{1.224} \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

Q10= Caudal Medio Diario máximo de periodo de retorno 10 años, expresado en m^3/s.

Ap= Área pluvial de la cuenca, expresada en km^2

P_{24} = precipitación diaria máxima de periodo de retorno 10 años, expresada en mm.

4.2. CAUDALES GENERADOS

Para cada sitio se determinaron los caudales para diferentes periodos de retorno mediante los diferentes métodos considerados. Finalmente se presentan en el Cuadro 3.2-1 los valores de crecidas adoptados por sitio para 100, 250, 500 y 1000 años de periodo de retorno. En el cuadro se incluye el código A o B, el que representa:

A: Se elige el máximo caudal entre los métodos realizados, lo que permite realizar una estimación de las obras de seguridad con dimensiones conservadoras.

B: No cumple con criterio de tamaño de cuenca: área total menor a los 20 km^2, se elige la fórmula racional por ser el valor más conservador en términos de seguridad y porque es ampliamente utilizado para el diseño de sistemas de los alcantarillados de aguas lluvias en USA.

CUADRO 3.2-1
CAUDALES DE CRECIDAS

Sitio	T=100 años	T=250 años	T=500 años	T=1.000 años	Observación
LL-023-01	1077,4	1887,4	3108,6	5550,9	A
LL-024-01	760,3	1331,9	2193,7	3917,2	A
LL-024-02	42,3	59	67,3	101,5	A
LL-024-03	64,3	89,6	102,3	133,1	A
LL-024-04	7	9,8	11,2	14,5	B
LL-025-02	36,5	50,8	58	78,6	A
LL-030-02	12,4	17,2	19,7	25,6	B
LL-030-03	35,5	49,5	56,4	73,4	B

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 3.2-1
CAUDALES DE CRECIDAS

Sitio	T=100 años	T=250 años	T=500 años	T=1.000 años	Observación
LL-033-02	6,3	8,8	10	13,1	B
LL-035-01	16,7	23,3	26,6	34,6	B
LL-039-03	8,4	11,7	13,3	17,3	B
LL-039-11	22	30,7	35	45,6	B
LL-039-16	272,2	379,5	496,4	886,4	A
LL-040-01	11,9	16,6	19	24,7	B
LL-040-04	10,3	14,4	16,5	21,4	B
LL-040-07	109	151,9	173,4	225,6	A
LL-041-01	5,4	7,6	8,6	11,2	B
LL-041-05	3,5	4,9	5,6	7,2	B
LL-043-01	3,8	5,2	6	7,8	B
LL-043-03	18,1	25,3	28,8	37,5	B
LL-048-03	53,8	75	85,5	122,2	A
LL-049-03	11,2	15,7	17,9	23,3	B
LL-050-03	27,1	37,7	47,6	85	A

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-3

ENVOLVENTES

ANEXO 4-3
DELIMITACIÓN DE ÁREAS POTENCIALMENTE BENEFICIADAS (REGABLES)
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	METODOLOGÍA	1
3	RESULTADOS	2

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-3
DELIMITACIÓN DE ÁREAS POTENCIALMENTE BENEFICIADAS (REGABLES)

1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este anexo es presentar áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de cada una de las obras de embalse o captación propuestas. Para estos efectos se han establecido características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin, las que en ningún caso son absolutas, sino mas bien son complementarias con otros requisitos que se estipulen necesarios.

2. METODOLOGÍA

La delimitación de las áreas potencialmente regables se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, para ello se contó con la siguiente información base:

- Sistema de Información Geográfica de la Dirección General de Aguas.
- Imágenes satelitales Landsat 7 ETM (Enhaced Thematic Mapper), obtenidas de Global Land Cover Facility, modelo de elevación digital (DEM).
- Cartas IGM: 1:50000 que cubren la Región de Los Lagos.

Con la anterior información se procedió de la siguiente manera:

1. Se determinó el área que se encontraba bajo la cota de fondo de cada embalse o bien bajo la cota de ubicación para el caso de obras de captación.

   Con el modelo de elevación digital, se lograron determinar las curvas de nivel específicas a cada cota de obra propuesta. Posteriormente, se desplegó la curva de nivel correspondiente a cada obra y se consideraron las áreas que quedaban en su interior; además, para hacer más adecuada la delimitación a la escala de las obras hidráulicas que se proponen, se consideraron también como límites las redes hídricas adyacentes teniendo en cuenta que probablemente se pudieran hacer obras específicas en ellas y no es necesario cruzar de una red hídrica a otra con una obra. (La información hidrográfica se observa directamente en Google Earth y se apoya con la información geográfica de la D.G.A.)

2. Se realizó un análisis visual con el programa espacial Google Earth para descartar aquellas zonas no aptas para el riego como lo son pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.

   Cabe destacar que además de las imágenes satelitales de Google Earth cuya fecha de captura en general rodea el año 2010, se consideró la

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

identificación realizada en terreno de posibles zonas aptas para el riego, procurando no descartarlas. Para la ubicación de estas últimas se utilizó el apoyo de las cartas IGM 1:50000 y el uso de GPS.

3. Finalmente, se consideró discriminar el área resultante dejando sólo aquellos terrenos que cumplieran con el requisito de pendiente menor al 6%.

Con el modelo de elevación digital (DEM) se logró determinar todas las áreas de la región que se encontraban en pendientes menores al 6%, con ello, se identificó geográficamente las superficies existentes en el área delimitada en el paso 2 que cumplen con la condición de que sus suelos poseen pendientes bajas, de hasta un 6%. Este valor fue adoptado debido a que habitualmente los suelos con esta característica corresponden a las clasificaciones de suelos tipo I, II, o III que presentan hasta limitaciones moderadas de uso bajo riego.

3. RESULTADOS

Los resultados del análisis se presentan en el Cuadro 3-1.

CUADRO 3-1
SUPERFICIES ENVOLVENTES POTENCIALES ÁREAS DE RIEGO (ha)

Captaciones		Embalses	
Sitio	Superficie	Sitio	Superficie
LL-023-01	736	LL-024-01	15.305
LL-024-02	6.195	LL-030-02	1.448
LL-024-03	1.916	LL-030-03	1.327
LL-024-04	2.839	LL-035-01	10.381
LL-025-02	90	LL-039-11	4.304
LL-033-02	907	LL-039-16	2.871
LL-039-03	57	LL-040-07	7.550
LL-040-01	487	LL-048-03	1.546
LL-040-04	286	LL-049-03	21.555
LL-041-01	819	LL-050-03	2.573
LL-041-05	842		
LL-043-01	588		
LL-043-03	533		

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-4

CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA

ANEXO 4-4
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	2
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	4
3.1.	INTRODUCCIÓN	5
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	5
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	7
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	8
3.5.	TASAS DE RIEGO	9
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	11
4.1.	MÁRGENES UNITARIOS	11
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	13
4.2.1.	Generalidades	13
4.2.2.	Costos Agroeconómicos	14
4.2.2.1.	Costos Indirectos	14
4.2.2.2.	Puesta en Riego	15
4.2.2.3.	Programa de Asistencia Técnica	15

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-4
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

Dado el alcance a nivel de perfil del análisis de cada proyecto, se decidió confeccionar tres grupos de proyectos según la comuna en la que se ubican. Cada grupo tendrá características climáticas y productivas distintivas. El Cuadro 1-1 resume la clasificación realizada, mientras que la Figura 1-1 muestra la distribución espacial de los grupos.

CUADRO 1-1
GRUPOS DE PROYECTOS PARA CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA

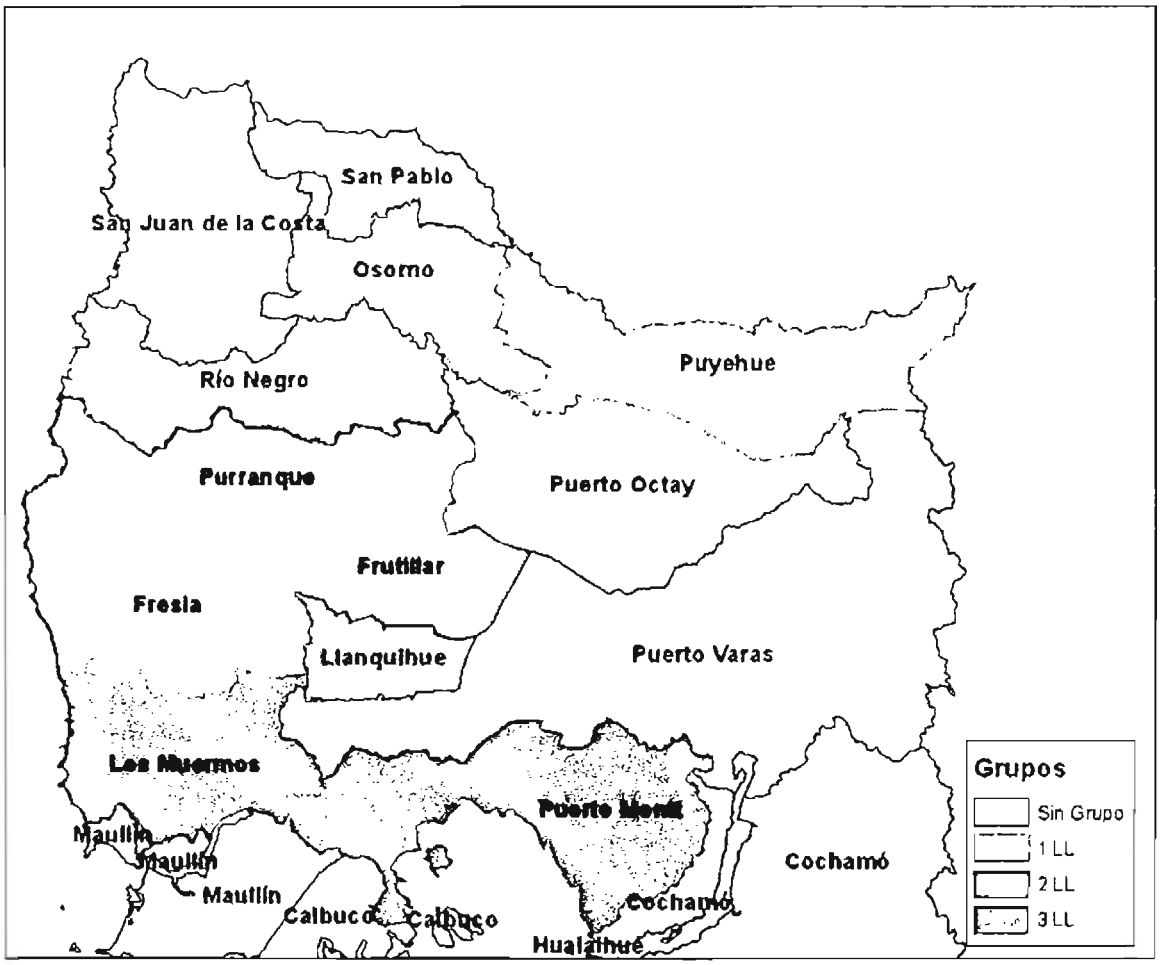
Grupo	Comuna	Nº de Proyectos
1 LL	Puyehue	5
	Puerto Octay	3
	Osorno	2
2 LL	Fresia	6
	Río Negro	1
	San Juan de la Costa	2
	Purranque	2
	Frutillar	2
3 LL	Los Muermos	2
	Puerto Montt	1

Fuente: Elaboración propia

Todos los cálculos, fórmulas y resultados por grupos se presentan en formato digital, y son las que son la base para la caracterización a nivel de perfil de cada proyecto.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

FIGURA 1-1
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL GRUPOS DE PROYECTOS



Fuente: Elaboración propia

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). De esta forma, las comunas seleccionadas como representativas de cada grupo fueron las siguientes:

- Grupo 1 LL: Puyehue
- Grupo 2 LL: Fresia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

- Grupo 3 LL: Los Muermos

Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Para obtener la superficie actual de cada proyecto se relacionó su área envolvente[1] con la distribución del grupo al que pertenece.

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	1 LL (Puyehue)	2 LL (Fresia)	3 LL (Los Muermos)
RIEGO			
Frutales y viveros	30,9	91,3	100,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	67,0	8,7	0,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2,1	0,0	0,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**	**100,0**
SECANO			
Frutales y viveros	0,3	0,5	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	64,1	65,3	59,2
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,8	1,3	2,1
Cereales y barbecho	0,8	1,5	1,1
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	32,6	31,1	36,5
Forrajeras anuales	1,5	0,3	0,8
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**	**100,0**
Subtotal Riego	0,273	0,004	0,033
Subtotal Secano	94,009	95,222	93,870
Infraestructura y Terrenos Estériles	5,719	4,774	6,097
TOTAL	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante, cabe destacar que este crecimiento (en términos porcentuales) se acotó a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-2).

[1] Superficie máxima predial del área de influencia de cada proyecto. Ver Anexo 2-2.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[2]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

CUADRO 2-2
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN FUTURA CON PROYECTO

Ítem	1 LL (Puyehue)	2 LL (Fresia)	3 LL (Los Muermos)
RIEGO			
Frutales y viveros	50,0	57,0	61,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	40,0	35,0	31,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	10,0	8,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**	**100,0**
SECANO			
Frutales y viveros	0,3	0,5	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	64,1	65,3	59,2
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,8	1,3	2,1
Cereales y barbecho	0,8	1,5	1,1
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	32,6	31,1	36,5
Forrajeras anuales	1,5	0,3	0,8
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que las superficies resultantes para cada proyecto, tanto para la situación actual y futura con proyecto, se presentan en el capítulo de perfil respectivo.

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

[2] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo 3-1 y 3-3, balance oferta-demanda de agua

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se presenta una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.1-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.1-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

Grupo - Distrito	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
1 LL - 7.243	34,0	25,0	23,0	28,0	48,0	61,0	73,0	116,0	129,0	118,0	107,0	70,0	832,0
2 LL - 6.621	21,8	14,6	17,9	24,5	40,8	64,9	95,7	138,8	143,7	104,8	73,9	37,7	779,1
3 LL - 7.232	43,0	30,0	30,0	35,0	51,0	65,0	82,0	95,0	107,0	96,0	91,0	67,0	792,0

Fuente: Mapa Agroclimático (INIA, 1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.1-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 3.1-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.1-3.

CUADRO 3.1-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

Grupo - Distrito	CULTIVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
1 LL - 7.243	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	33,6	58,4	121,8	135,5	92,0	53,5	0,0	509,2
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	32,3	23,8	21,9	26,6	45,6	58,0	69,4	110,2	122,6	112,1	101,7	66,5	790,7
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	30,7	116,0	144,5	115,6	79,2	0,0	509,2
2 LL - 6.621	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	539,8
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	740,3
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	522,0
3 LL - 7.232	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	15,3	35,8	65,6	99,8	112,4	74,9	45,5	0,0	449,3
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	40,9	28,5	28,5	33,3	48,5	61,8	77,9	90,3	101,7	91,2	86,5	63,7	752,8
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	34,4	95,0	119,8	94,1	67,3	0,0	435,3

Fuente: Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.2-1.

CUADRO 3.2-1
PRECIPITACIÓN TOTAL Y PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

Grupo - Distrito	Precipitación Total (mm)												
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
1 LL - 7.243	276,0	196,0	258,0	152,0	124,0	96,0	92,0	55,0	89,0	75,0	52,0	77,0	1.542,0
2 LL - 6.621	253,7	184,4	225,6	143,9	124,0	72,9	60,8	43,3	63,6	49,7	46,4	114,7	1.383,0
3 LL - 7.232	236,0	245,0	264,0	250,0	165,0	117,0	128,0	139,0	97,0	98,0	113,0	169,0	2.021,0
Grupo - Distrito	**Precipitación Efectiva (mm)**												
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
1 LL - 7.243	133,0	129,0	134,0	114,0	101,0	84,0	81,0	53,0	79,0	69,0	50,0	70,0	1.097,0
2 LL - 6.621	135,0	126,0	134,0	111,0	101,0	67,0	58,0	43,0	60,0	48,0	45,0	96,0	1.024,0
3 LL - 7.232	134,0	135,0	134,0	135,0	120,0	97,0	103,0	109,0	85,0	85,0	95,0	121,0	1.353,0

Fuente: Mapa Agroclimático (INIA, 1989) y elaboración propia

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.2-2.

CUADRO 3.2-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

Grupo - Distrito	CULTIVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
1 LL - 7.243	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,8	56,5	23,0	3,5	0,0	151,8
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,2	43,6	43,1	51,7	0,0	195,6
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	65,5	46,6	29,2	0,0	204,3
2 LL - 6.621	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	102,7	90,9	33,7	0,0	0,0	245,9
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	88,9	76,5	51,6	25,2	0,0	275,1
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	100,9	54,7	9,7	0,0	261,1
3 LL - 7.232	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	0,0	0,0	0,0	27,4
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	6,2	0,0	0,0	22,9
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	9,1	0,0	0,0	43,9

Fuente: Mapa Agroclimático (INIA, 1989) y elaboración propia.

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.3-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.3-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia y ley 18.450 (Minagri, 1985).

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.4-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.4-2).

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

El cálculo de la demanda brutal total de cada proyecto se presenta en el perfil respectivo.

CUADRO 3.4-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

Grupo - Distrito	CULTIVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	TOTAL
1 LL - 7.243	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	764,0	628,0	256,0	39,0	0,0	1.687,0
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	763,0	581,0	575,0	689,0	0,0	2.608,0
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.400,0	1.456,0	1.036,0	649,0	0,0	4.541,0
2 LL - 6.621	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	207,0	1.141,0	1.010,0	374,0	0,0	0,0	2.732,0
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	1.185,0	1.020,0	688,0	336,0	0,0	3.668,0
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.129,0	2.242,0	1.216,0	216,0	0,0	5.803,0
3 LL - 7.232	Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
	Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	223,0	83,0	0,0	0,0	306,0
	Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	773,0	202,0	0,0	0,0	975,0

Fuente: Elaboración propia a partir de demanda neta y eficiencia de aplicación.

CUADRO 3.4-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

Grupo	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
Situación Actual													
1 LL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	777,0	614,3	486,4	487,5	0,0	2.365,1
2 LL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
3 LL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto													
1 LL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	827,2	692,0	461,6	360,0	0,0	2.340,8
2 LL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3
3 LL	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente: Elaboración propia a partir de tasa de riego y proporciones de rubros

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	**-**	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	**-**	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

4.2.1. Generalidades

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[3], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.2. Costos Agroeconómicos

4.2.2.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[3] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

En el Cuadro 4.2.1.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.2.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.1.3.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.2.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.1.3.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-5

CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA SITIOS DE EMBALSE

ANEXO 4-5
CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA SITIOS DE EMBALSE
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	DEFINICIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS	1
2.	REPRESENTACIÓN TOPOGRÁFICA	1
3.	CÁLCULO DE VOLÚMEN DE ACUMULACIÓN	1

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-5
CARACTERIZACIÓN GEOMÉTRICA SITIOS DE EMBALSE

1. DEFINICIÓN DE CURVAS CARACTERÍSTICAS

A continuación se explica el método utilizado en la definición preliminar de las curvas características de las alternativas de embalses en estudio, así como las relaciones agua muro y otras variables básicas.

2. REPRESENTACIÓN TOPOGRÁFICA

Para el cálculo de las distintas variables se utilizó la información topográfica proporcionada por el Modelo Digital de Elevación Satelital (DEM) del Sensor ASTER. Un DEM corresponde a una estructura matricial que representa matemáticamente la variación espacial de la topografía y corresponde a una imagen conformada por píxeles, en la cual cada píxel posee una cota. El DEM del área de estudio se obtuvo del servidor ASTER GDEM, proveedor gratuito de datos y productos derivados de sensores remotos dependiente de Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC). Este levantamiento topográfico a nivel global, está basado en el uso combinado de imágenes satelitales ópticas y sensores activos como el radar y tiene una resolución espacial (tamaño de píxel) de 30 x 30 m.

3. CÁLCULO DEL VOLUMEN DE ACUMULACIÓN

Utilizando las herramientas matemáticas incorporadas en los software de SIG, se calculó el volumen de acumulación de cada alternativa para distintas alturas, siguiendo los pasos que se mencionan a continuación:

1. Delimitación de espejos de agua para distintas cotas de inundación (alturas de muro).

2. Cálculo de las distintas profundidades en cada píxel, usando para esto la distancia existente entre la superficie del embalse simulado y el terreno de fondo (topografía). Este valor multiplicado por el área de cada píxel (30x30 m) equivale al volumen de una columna de agua.

3. Sumatoria de todas las columnas de agua contenidas en el área que abarca el espejo de agua simulado. Esto da como resultado el volumen de acumulación aproximado que tendría la alternativa evaluada.

Los pasos antes mencionados se repiten en cada alternativa y en cada altura de muro evaluada.

Para cada alternativa, se ajusta una curva a través de regresión estadística, usando como variables, la altura del muro (h), el volumen (V) y la superficie de embalse (S) correspondiente, obedeciendo a relaciones del tipo:

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

$$V o S = \alpha h^{\beta} \qquad V o S = \alpha Log\, h + \beta$$

El grado de ajuste de una curva de embalse está dado principalmente por la heterogeneidad o cuán cambiante resulta ser la morfología del terreno que se está estudiando. Los parámetros α o β se determinan a partir de un análisis de cuadrados mínimos.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-6

BALANCE HÍDRICO

ANEXO 4-6
BALANCE HÍDRICO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	3

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 4-6
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de 30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

5. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ N° 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m^3/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ N° 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m^3)	Volumen de entrada
MATRIZ N° 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m^3)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ N° 4: SUPERFICIE (m^2)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ N° 5: VOLUMEN EVAPORADO (m^3)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ N° 6: DEMANDAS (m^3)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ N° 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo, queda representado por la ecuación 2
MATRIZ N° 8: BALANCE 2	Cálculo intermedio
MATRIZ N° 9: DEMANDA SUPLIDA (m^3)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ N° 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ N° 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ N° 12: BALANCE 3 (m^3)	Cálculo intermedio
MATRIZ N° 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m^3)	Volumen final del embalse. Corresponde al resultado de la Ecuación 5

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 5-1

BALANCE EMBALSES

Archivo Electrónico

ANEXO 5-2

CRECIDAS EMBALSES

Archivo Electrónico

ANEXO 5-3

BALANCE CAPTACIONES

Archivo Electrónico

ANEXO 5-4

CRECIDAS CAPTACIONES

Archivo Electrónico

ANEXO 7-1

CUBICACIONES

ANEXO 7-1
CUBICACIONES
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN DE MUROS	1
2.	CÁLCULO UTILIZANDO MÉTODO DE ÁREAS MEDIAS	1
3.	CÁLCULO AUTOMÁTICO ENTREGADO POR CIVIL 3D	5
4.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS	8

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 7-1
CUBICACIONES

1. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN DE MUROS

En este anexo se muestra la comparación entre el cálculo automático de volúmenes a través de la utilización del software **CIVIL 3D**, y el cálculo tradicional mediante ***el método de Aéreas Medias.***

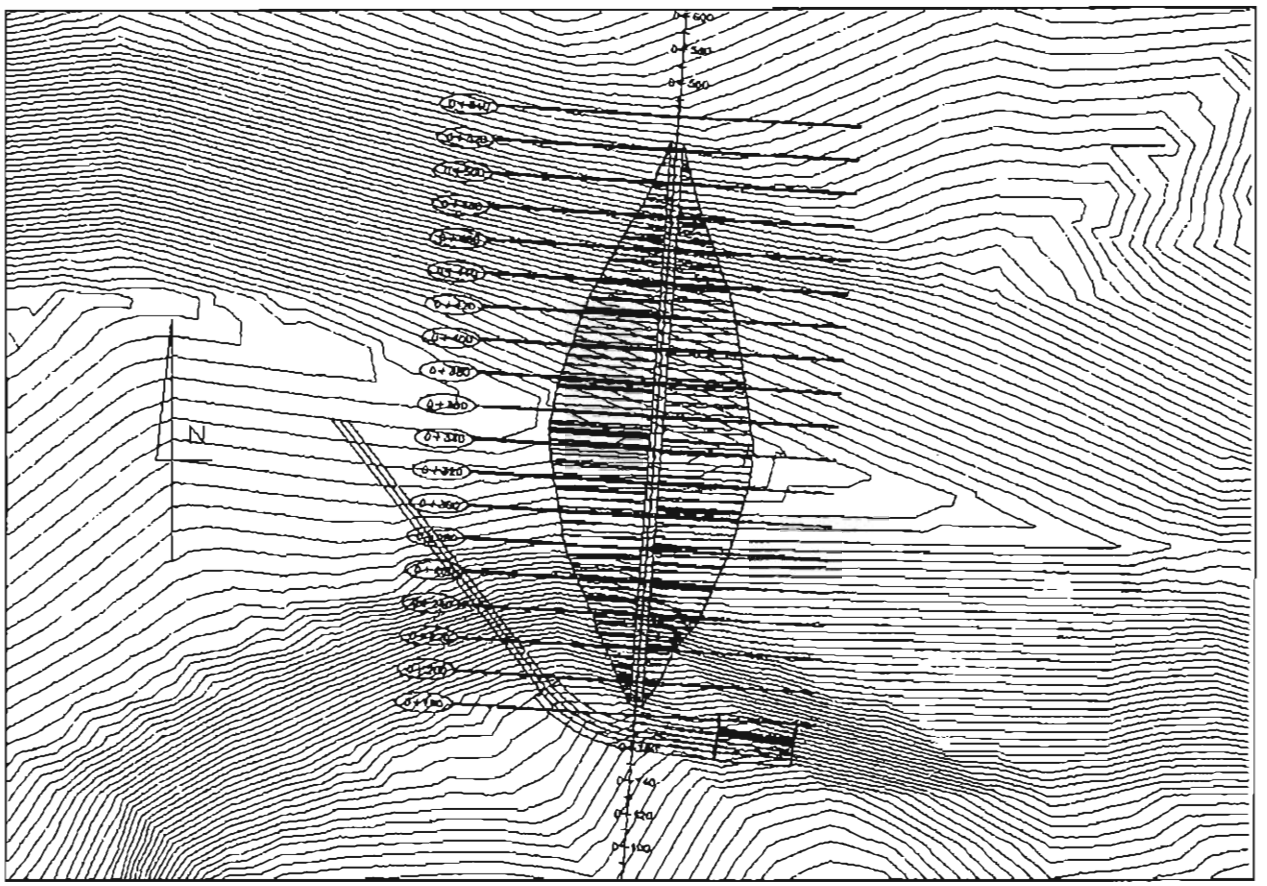
2. CÁLCULO UTILIZANDO MÉTODO DE ÁREAS MEDIAS

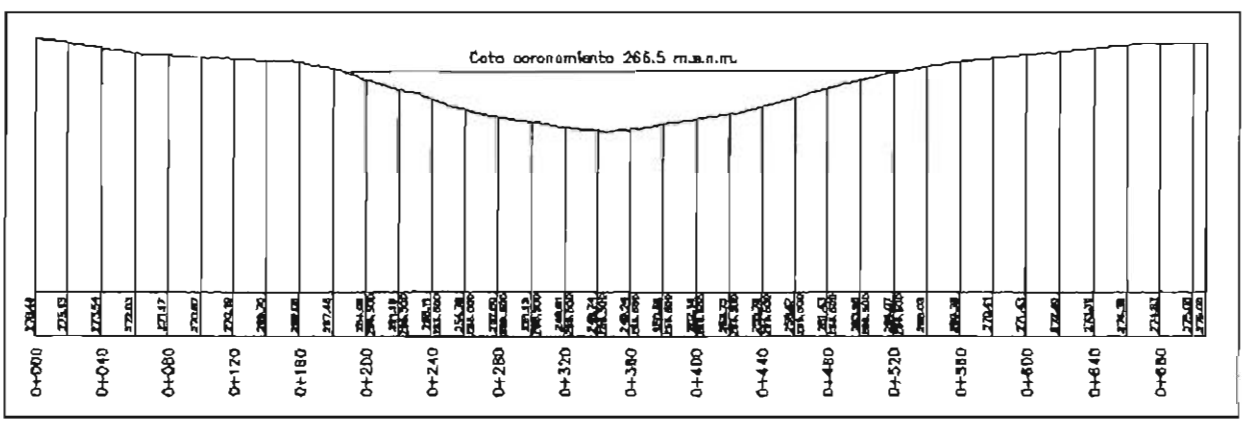
Generalmente, el cálculo de los volúmenes se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central. La distancia o separación entre dos secciones consecutivas se recomienda cada 20 m, con el objeto de minimizar el error.

En la Figura 2-1 se representan gráficamente la geometría del muro para un ejemplo arbitrario, además de las líneas que representan las secciones de corte para los cálculos de superficie y volumen. Posteriormente se presenta en la Figura 2-2 los perfiles transversales dibujados.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

FIGURA 2-1
EJE LONGITUDINAL A LO LARGO DE LA PRESA
cota coronamiento 266,5 m.s.n.m.
ancho coronamiento 6,5 m.

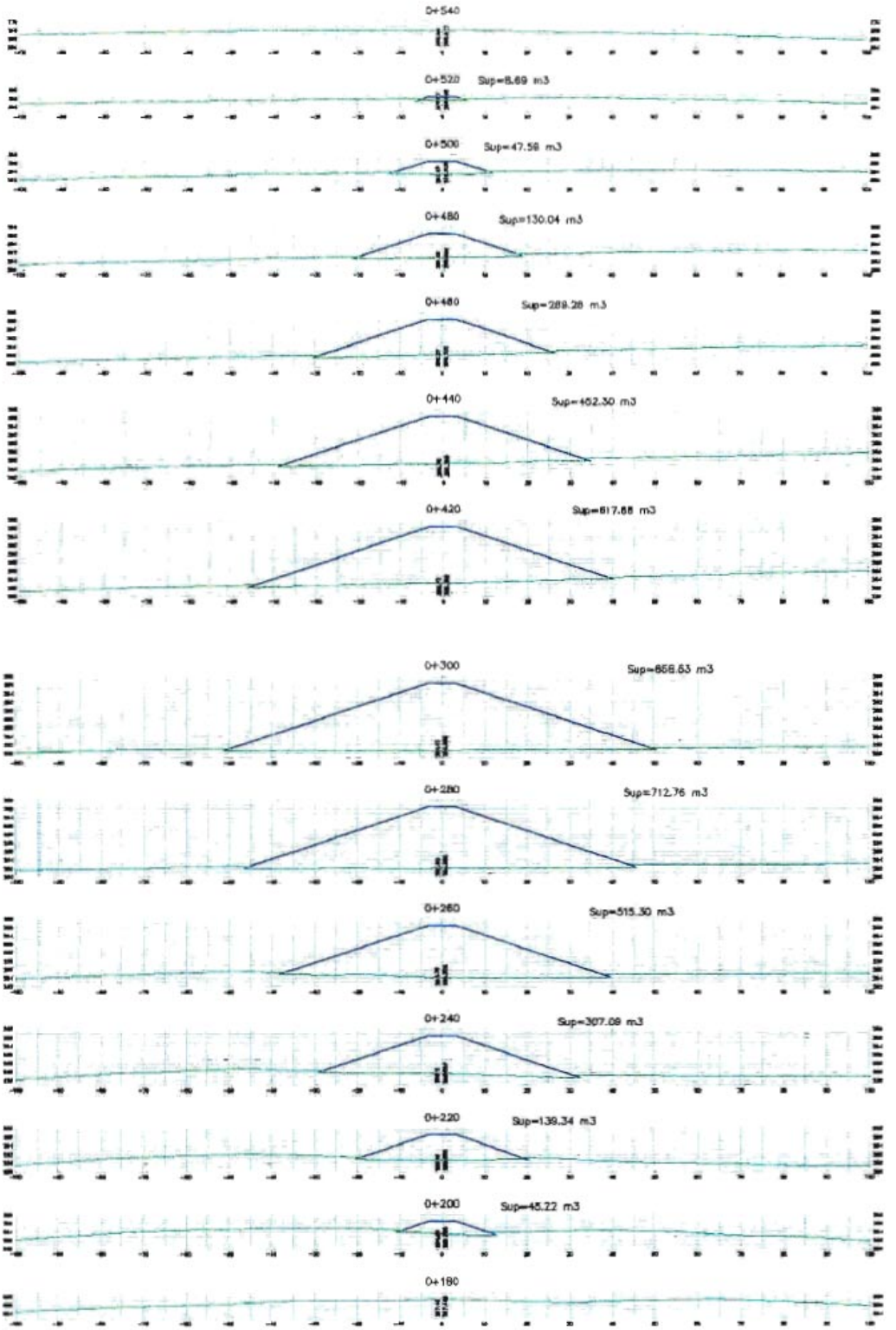




Fuente: Elaboración propia

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

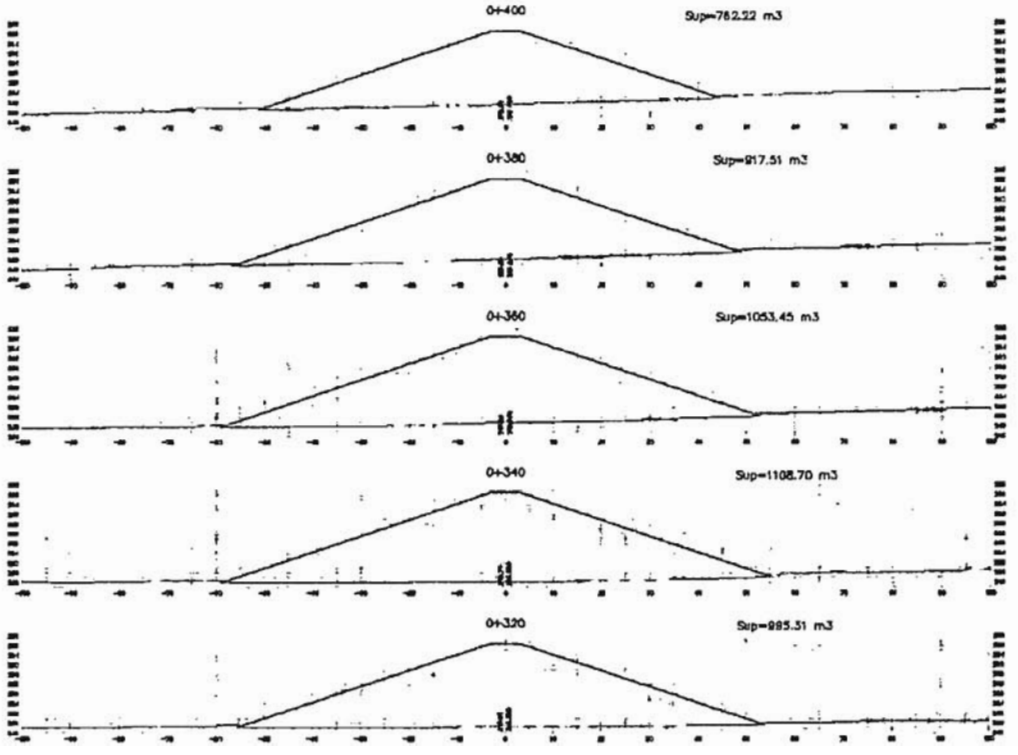
FIGURA 2-2
PERFILES TRANSVERSALES



Fuente: Elaboración propia

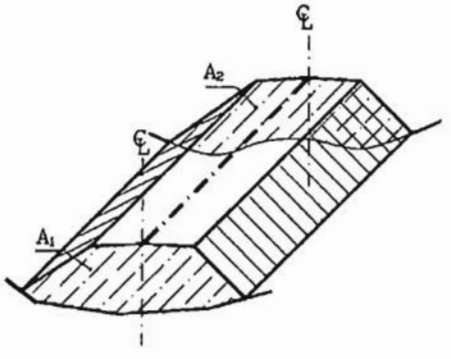
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

FIGURA 2-2
PERFILES TRANSVERSALES
(Continuación)



Fuente: Elaboración propia

El cálculo del volumen del muro se realiza según se muestra en lo que sigue:



$$V = \frac{1}{2}\,(A_1 + A_2)\,\mathrm{d}$$

Donde:

V: Volumen de la sección
A_1, A_2: Área de las secciones A_1 y A_2 en m^2
d: Distancia entre las secciones (m)

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

En el Cuadro 2-1 se muestra el resultado de la aplicación del método. El volumen calculado para el muro asciende a 17.344,2 m^3.

CUADRO 2-1
CÁLCULO VOLUMEN DEL MURO

Distancia (m)	Superficie perfil (m^2)	Volumen Parcial Muro (m^3)	Volumen Acumulado Muro (m^3)
180	0	0,00	0,00
200	45,2	452,20	452,20
220	138,3	1.835,60	2.287,80
240	307,1	4.454,30	6.742,10
260	515,3	8.223,90	14.966,00
280	712,8	12.280,60	27.246,60
300	585,5	12.982,90	40.229,50
320	995,3	15.808,40	56.037,90
340	1.108,7	21.040,10	77.078,00
360	1053,5	21.621,50	98.699,50
380	917,5	19.709,60	118.409,10
400	762,2	16.797,30	135.206,40
420	617,9	13.801,00	149.007,40
440	452,3	10.701,80	159.709,20
460	269,3	7.215,80	166.925,00
480	130,0	3.993,20	170.918,20
500	47,6	1.776,30	172.694,50
520	8,7	562,80	173.257,30
540		86,90	**173.344,20**

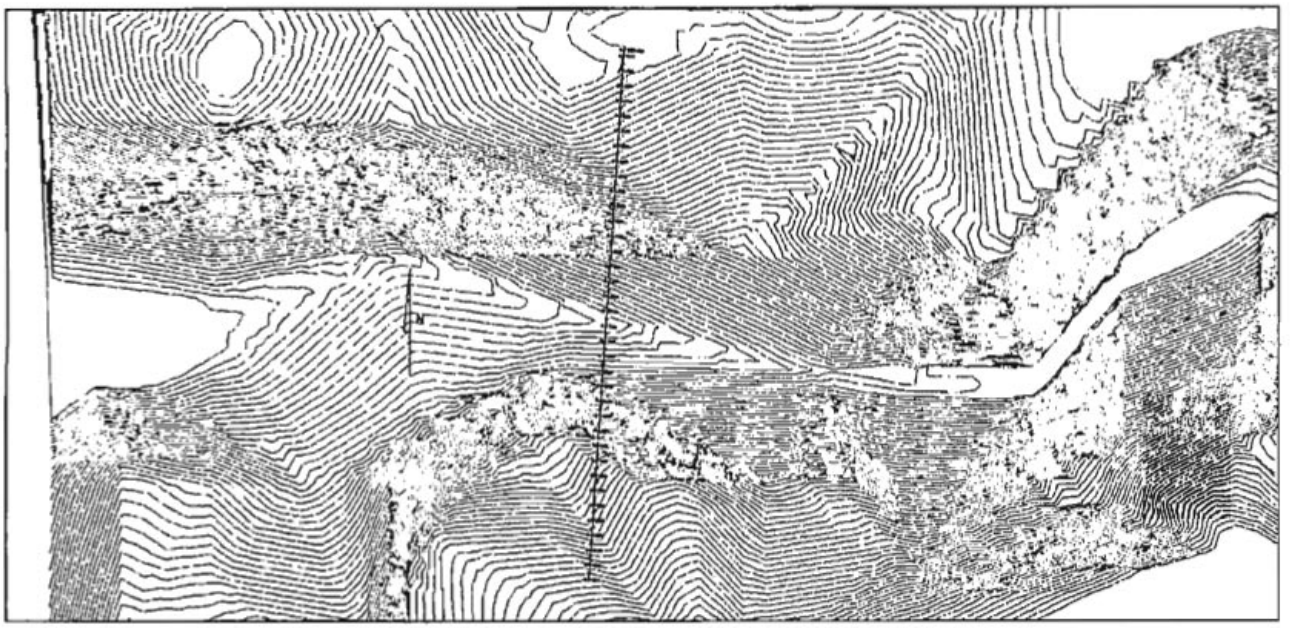
3. CÁLCULO AUTOMÁTICO ENTREGADO POR CIVIL 3D

Esta metodología se basa en la comparación de superficies digitales, es decir contrasta una malla TIN, que representa el terreno, con un muro de geometría conocida.

En la Figura 3-1 se observa el eje del emplazamiento del muro sobre un plano con curvas de nivel. Posteriormente, e la Figura 3-2 se aprecia cómo se genero la matriz digital de la superficie del terreno. Con esto se genera la matriz digital de la superficie del terreno en isometría que se muestra en la Figura 3-3, a partir de lo cual se procede a construir una base digital que la representa. Luego se fusiona el terreno natural con la geometría de la presa creada, con lo que se obtiene la superficie alterada que se muestra en la Figura 7-4.

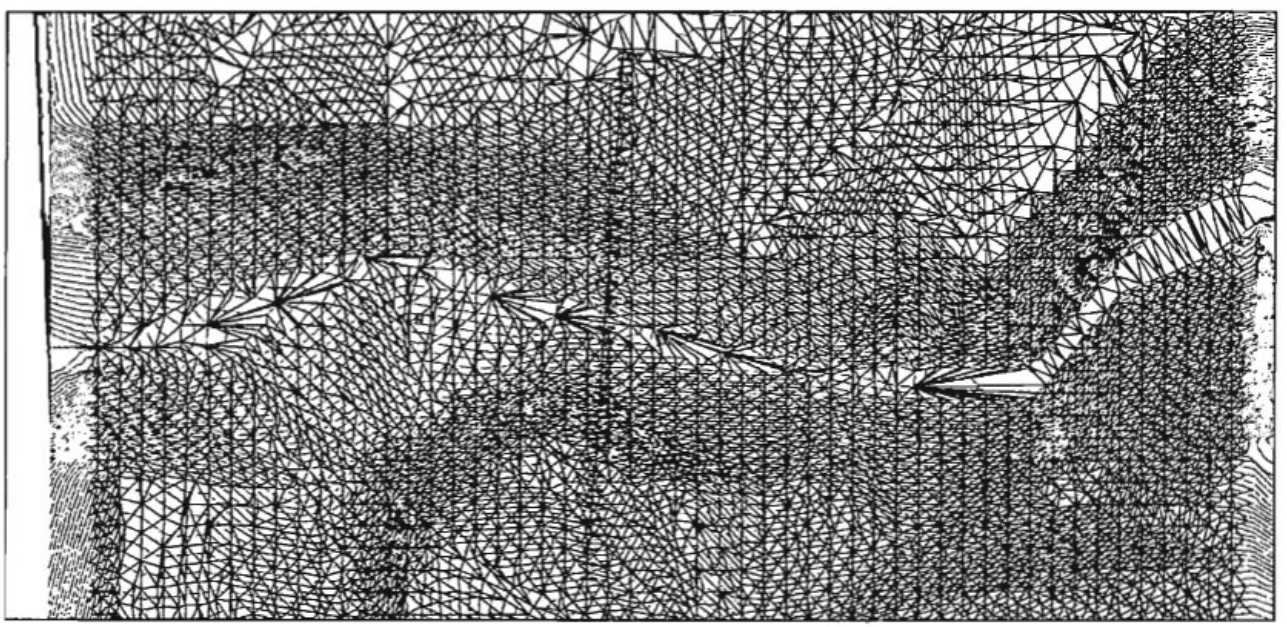
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

FIGURA 7-1
EJE DESPLAZAMIENTO MURO



Fuente: Elaboración propia usando CIVIL 3D

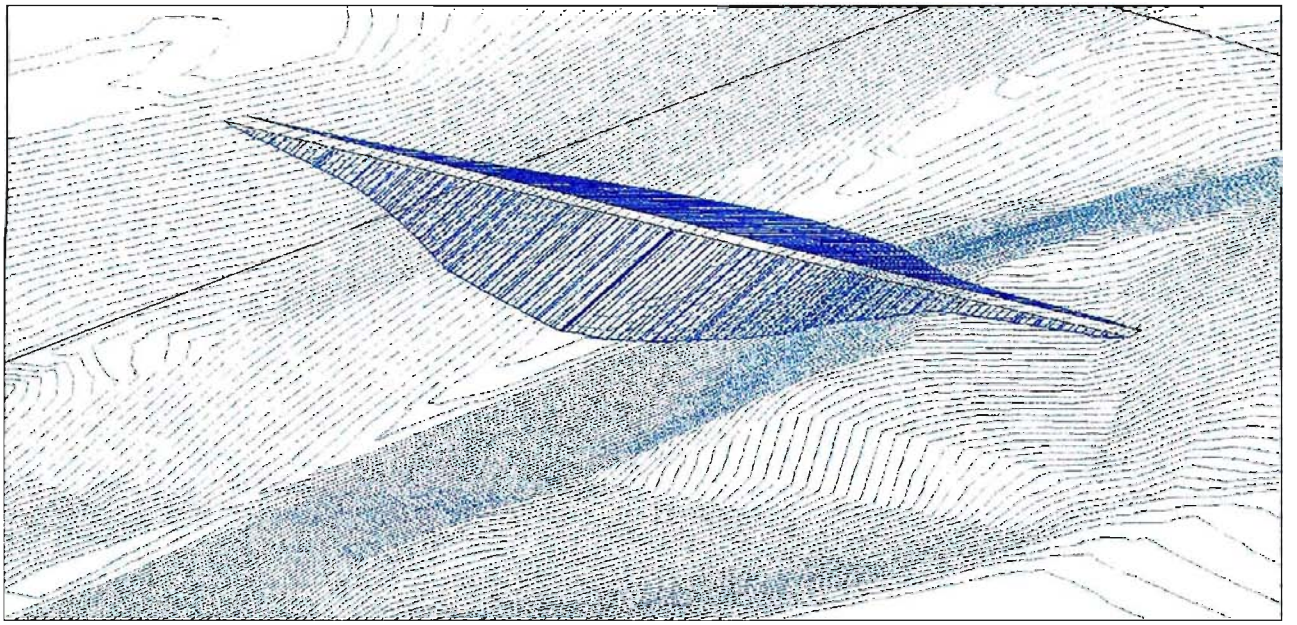
FIGURA 7-2
EJE DESPLAZAMIENTO MURO



Fuente: Elaboración propia usando CIVIL 3D

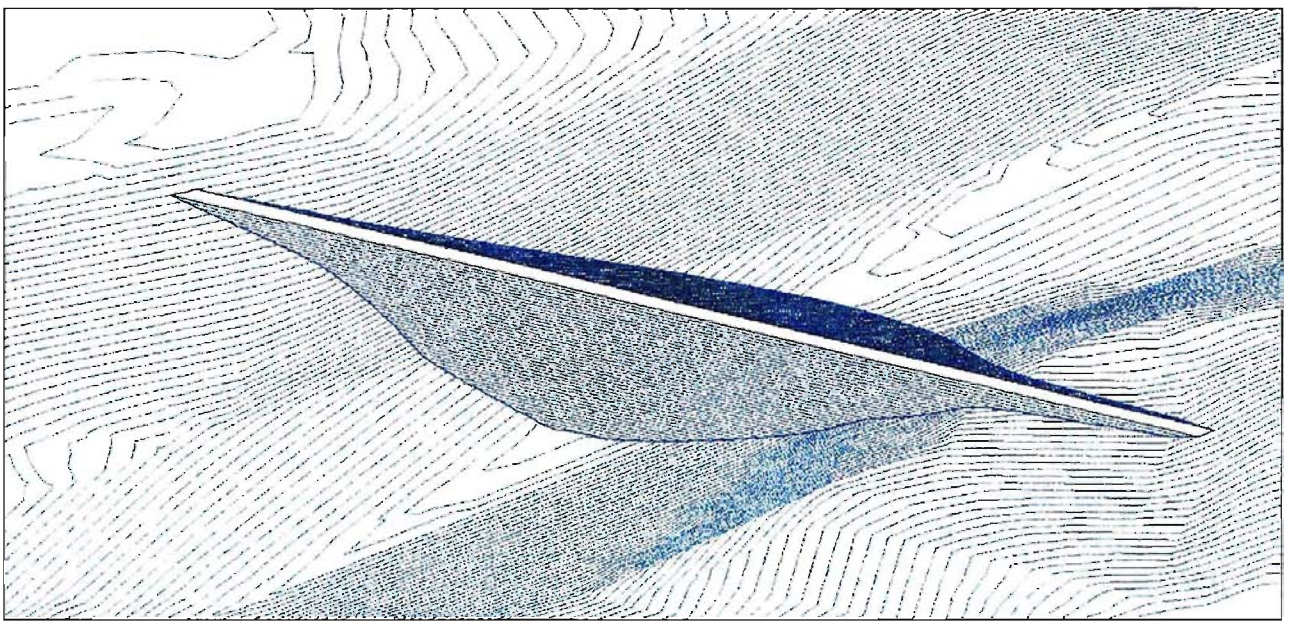
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

FIGURA 7-3
MURO EN 3D



Fuente: Elaboración propia usando CIVIL 3D

FIGURA 7-4
FUSIÓN MURO-TERRENO



Fuente: Elaboración propia usando CIVIL 3D

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

Lo que el software hace en este momento es calcular la diferencia producida por la superficie alterada v/s la malla de terreno primaria. Con este procedimiento se obtiene un volumen igual a 178.617,0 m^3.

4. COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Al comparar ambas resultados se obtiene que la diferencia entre ambas metodologías es de un 3%, teniendo en cuenta que el método manual utiliza mucho tiempo dada la cantidad de información que se debe determinar previamente. Lo anterior justifica que para la etapa de perfil, se utilice el procedimiento automático de cálculo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl

ANEXO 7-2

PERFILES DE PROYECTOS

PERFIL #1:

EMBALSE EN RÍO CHAQUEIHUA



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO CHAQUEIHUA (LL-050-03)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
2.1	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS	3
3.	DIAGNÓSTICO	3
3.1	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	13
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	13
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	13
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	14
3.6.3.	Demandas de Agua	16
3.7	BALANCE HÍDRICO	16
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO	18
4.1	OBRAS CIVILES	18
4.1 1.	Embalse de Regulación	18
4.1.2.	Sistema de Distribución	22
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	24
5.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	25
5.1	EMBALSE DE REGULACIÓN	25
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	26
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	27
5.4.	EXPROPIACIONES	28
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	28
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	30
6.1.	GENERALIDADES	30
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	31
6.3.	BENEFICIOS	31
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	31
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	39
6.4.	COSTOS	39
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	39
6.4.2.	Costos Obras Civiles	41
6.4.3.	Costo MCH	41
6.4.4.	Costos Ambientales	41
6.5.	RESULTADOS	41

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 42

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Río Chaqueihua**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del río Chaqueihua, comuna de Puerto Montt, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del río Chaqueihua actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Río Chaqueihua".

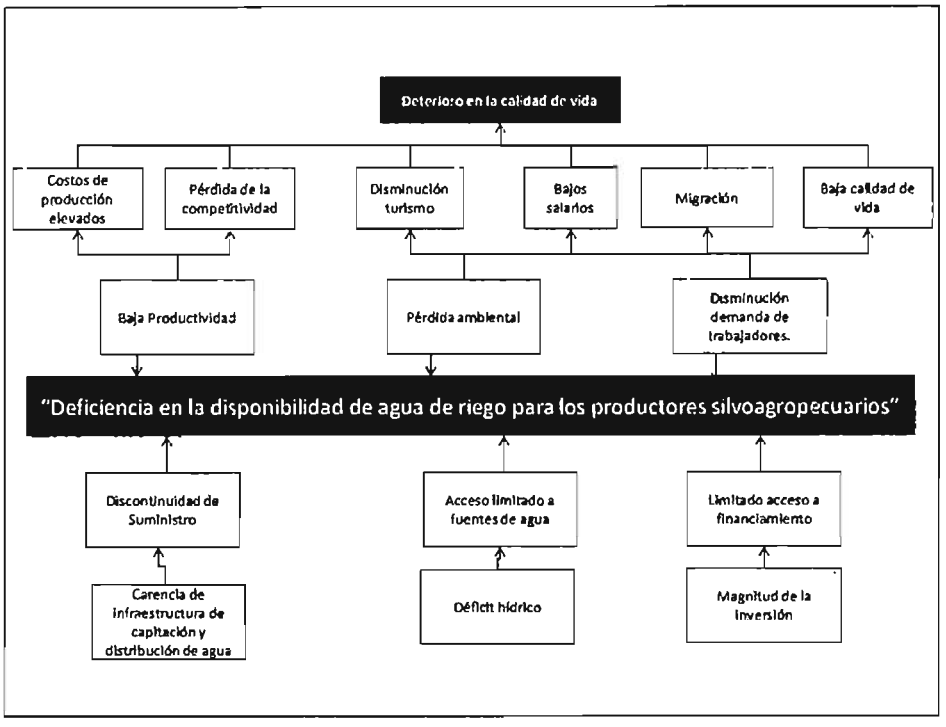
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Chaqueihua, existen 5.000 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían 2.000 ha de frutales, 2.900 de praderas y 100 ha de cultivos anuales.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

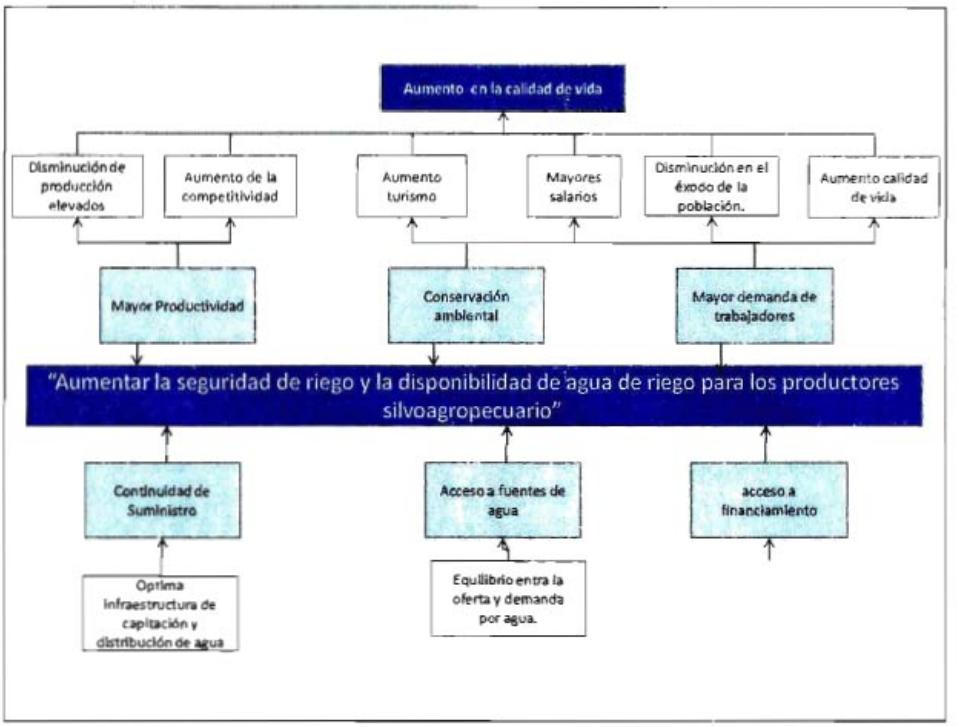


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema"en "Objetivo", los"Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines",obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile central (5.408.064N, 650.368E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

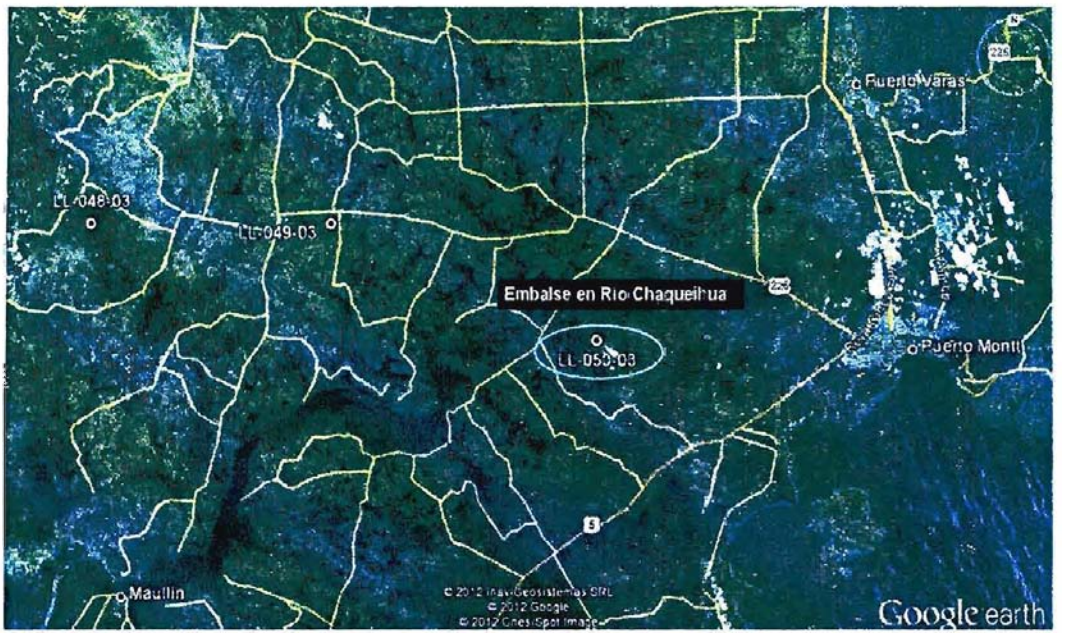
Según la clasificación del Altas Agroclimatológico de Chile (INEA, 1998), la provincia de Puerto Llanquihue presenta un Clima Marino Fresco principalmente, similar a la provincia de Osorno (INIA, 1998).

Se destaca el Agroclima Maullín en la zona costera continental y hasta el norte del borde costero oriental de la Isla Grande de Chiloé. El régimen térmico de este clima presenta una temperatura media anual de 10,9°C, máximas medias del mes más cálido de 20,1°C y una mínima del mes más frío de 4,0°C. Posee un periodo libre de heladas de ocho meses. En cuanto al régimen hídrico, se caracteriza por una precipitación anual de 1890 mm, presentando 277.0 mm en el mes de junio. La estación seca se ausenta (INIA, 1998). La zona de riego comienza unos 7 km aguas abajo de la zona de embalse. Corresponde a los sectores de Runca, Liguento y posiblemente Llastuco. Los terrenos son planos actualmente la mayoría para ganado, pero con frutales y aptitud agrícola. (Figura 3.1-1)

La zona de riego se encuentra a más de 3 km aguas abajo de la obra. Corresponde a terrenos medianamente planos, ubicándose Los Pellines, Puyencho y San Carlos, los otros sectores cercanos se encuentran a una altura mayor. Actualmente es una zona principalmente ganadera, con presencia de fundos. (Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 5.000 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Puerto Montt y está compuesta por un total de 16.964 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro3.3-1.

CUADRO3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Llanquihue	321.493	51%	49%
Comuna de Puerto Montt	16.964	53%	47%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 33,6% de la población vive en la ciudad y el 66,4% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Puerto Montt es de un 15,93 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Puerto Montt	Región	País
Pobre Indigente	813	488	95	0,58	2,43	3,74
Pobre no Indigente	2.142	949	2.531	15,35	11,76	11,38
No Pobre	13.279	14.728	13.859	84,07	85,80	84,88
Total	16.234	16.165	16.485	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

3.4. RECURSOS HÍDRICOS

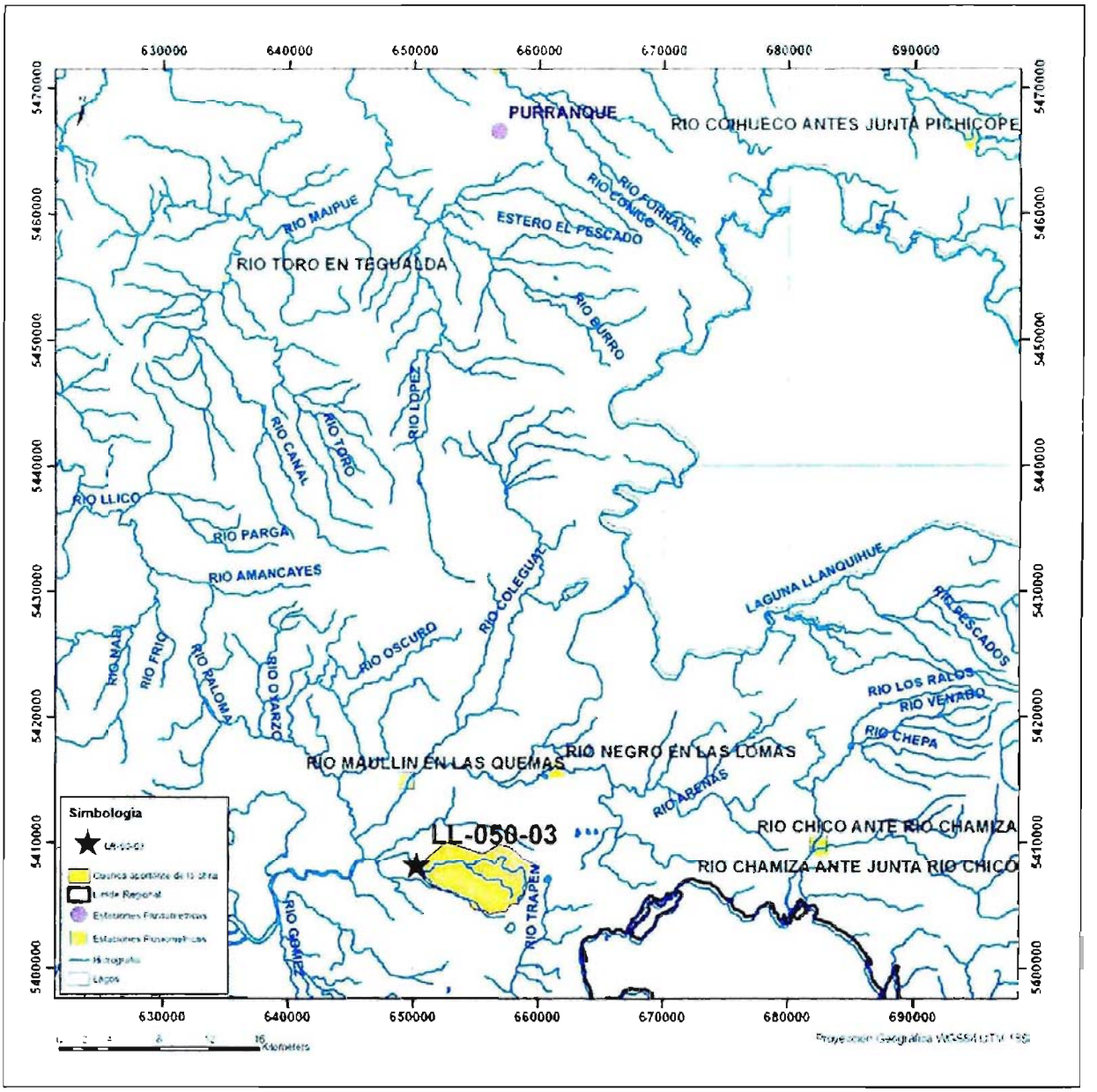
La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.662 mm y un caudal medio cercano a los 1,2 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco. Los caudales se generaron con relaciones precipitación-escorrentía, ya que no se cuenta con control fluviométrico.

En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.

Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

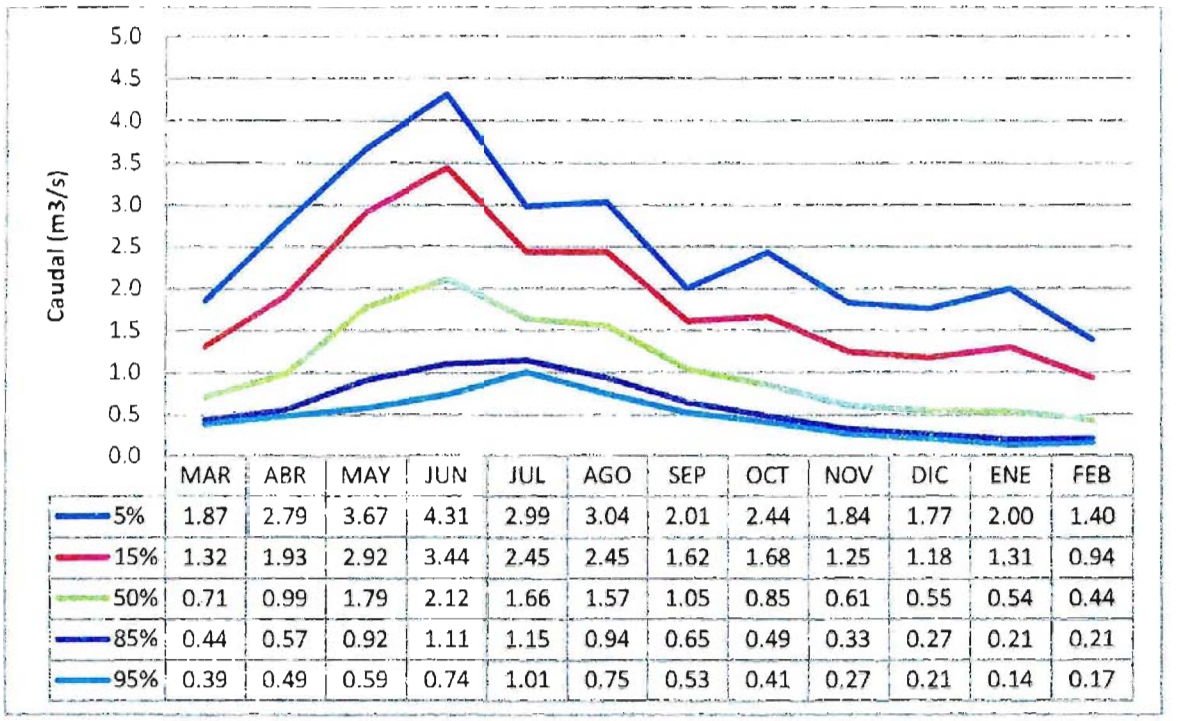
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO CHAQUEIHUA



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
5%	1.87	2.79	3.67	4.31	2.99	3.04	2.01	2.44	1.84	1.77	2.00	1.40
15%	1.32	1.93	2.92	3.44	2.45	2.45	1.62	1.68	1.25	1.18	1.31	0.94
50%	0.71	0.99	1.79	2.12	1.66	1.57	1.05	0.85	0.61	0.55	0.54	0.44
85%	0.44	0.57	0.92	1.11	1.15	0.94	0.65	0.49	0.33	0.27	0.21	0.21
95%	0.39	0.49	0.59	0.74	1.01	0.75	0.53	0.41	0.27	0.21	0.14	0.17

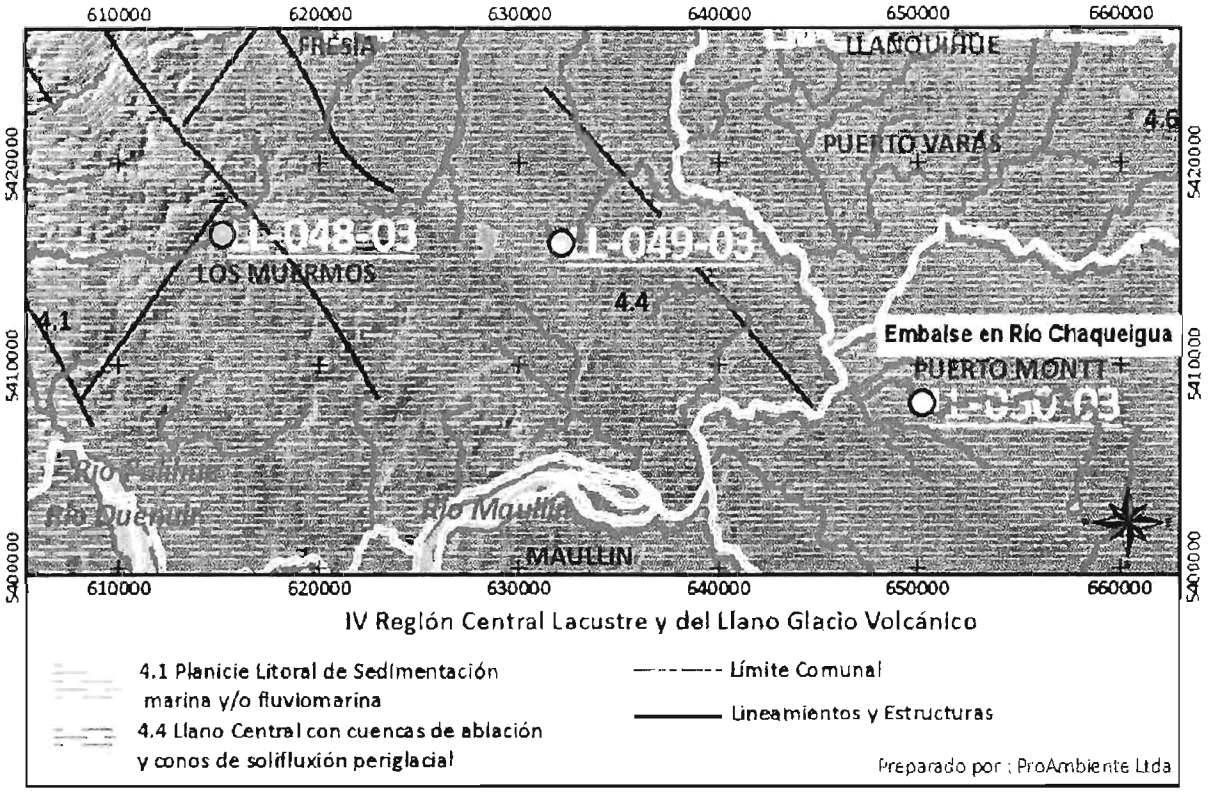
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad 4.4 del Llano Central con morrenas de ablación y conos de solifluxión periglacial. Predominio de extensas planicies y terrazas glaciofluviales desarrolladas entre cordones morrénicos de relieve suavizados. Lineamientos siguen patrón estructural regional N40-50W. N50E. En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL

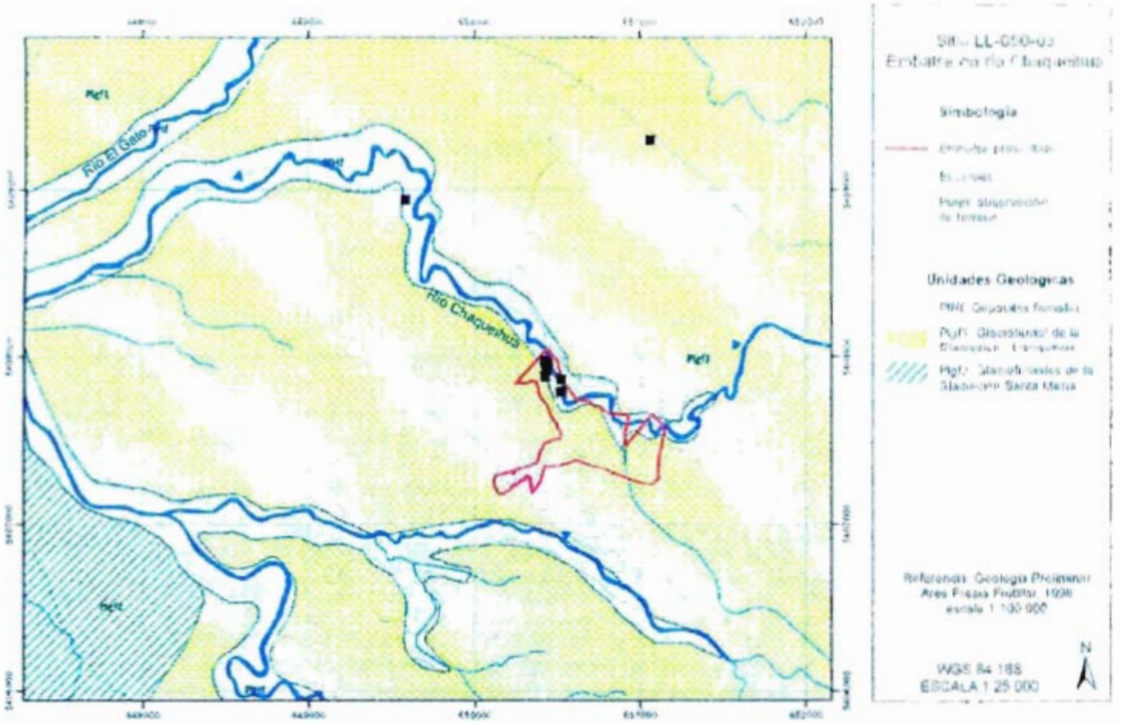


Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 *Caracterización Geológica del sitio*

Se emplaza en los depósitos fluviales (PlHf) del Pleistoceno superior- Holoceno y Glaciofluviales (Plgf1) de la Glaciación Llanquihue del pleistoceno. Los primeros corresponden a gravas bien seleccionadas y redondeadas con matriz de arenas finas a medias no consolidadas. Ocupan el valle actual del río. Los segundos conforman las planicies y llanuras que alcanzan amplia distribución. Corresponden a gravas y ripios con moderada a buena selección, subredondeadas a redondeadas con matriz de arena gruesa a media con estratificación planar horizontal. Se encuentran cubiertos por un nivel de suelo marrón oscuro orgánico arenoso con bolones dispersos.En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Vista hacia la zona de presa desde el puente ubicado en el embalse, se ven los depósitos fluviales que forman terrazas bajas PIHf	

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

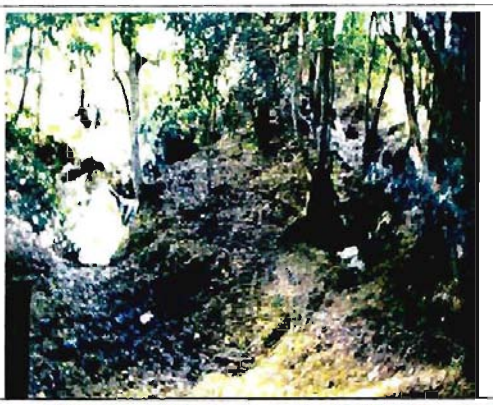
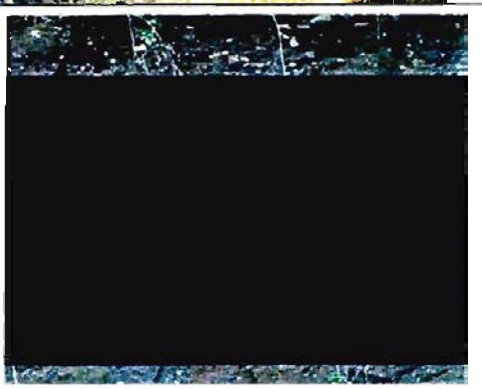
Apoyo izquierdo muro original, terraza de depósitos Plgf1	
Apoyo derecho original , deslizamiento de suelo	
Caracterización perfil de suelo	

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Caracterización perfilPlgf1	

Fuente: Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Material excavable mecánicamente; Cárcavas y deslizamientos menores de terreno. Gravas y arenas glaciofluviales de compacidad media alta; permeabilidad media alta y soportan taludes subverticales.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 3LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 5.000,0 ha, dentro de una envolvente de 76,0 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	3.0	100
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0 0	0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	0.0
SUBTOTAL RIEGO	**3.0**	**100.0**
SECANO		
Frutales y viveros	3.5	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	297.6	25.5
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	4.7	0.4
Cereales y barbecho	10.5	0.9
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	844.9	72.4
Forrajeras anuales	5.8	0.5
SUBTOTAL SECANO	**1.167.0**	**100.0**
Subtotal Riego	3.0	0.2
Subtotal Secano	1.167.0	93.7
Infraestructura y Terrenos Estériles	76.0	6.1
TOTAL	**1.246.0**	**100.0**

Fuente: Ver Anexo F

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 5.000 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 0,12; 0,18 y 0,22 hm^3, los que permiten el riego de 1.000, 1 100 y 1.170 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	610.0	61.0	671.0	61.0	713.7	61.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	310.0	31.0	341.0	31.0	362.7	31.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	80.0	8.0	88.0	8.0	93.6	8.0
SUBTOTAL RIEGO	**1.000.0**	**100.0**	**1.100.0**	**100.0**	**1.170.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	0.5	0 3	0.2	0.3	0.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	43.4	25 5	17.9	25.5	0.0	25.5
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.7	0.4	0.3	0.4	0.0	0.4
Cereales y barbecho	1.5	0.9	0.6	0.9	0.0	0.9
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	123.1	72.4	50.7	72.4	0.0	72.4
Forrajeras anuales	0.8	0.5	0.3	0.5	0.0	0.5
SUBTOTAL SECANO	**170.0**	**100.0**	**70.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	1.000.0	80.3	1.100.0	88.3	1.170.0	93.9
Subtotal Secano	170.0	13.6	70.0	5.6	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	76.0	6.1	76.0	6.1	76.0	6.1
TOTAL	**1.246.0**	**100.0**	**1.246.0**	**100.0**	1.246.0	**100.0**

Fuente:Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente:Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2\,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1 OBRAS CIVILES

4.1 1. Embalse de Regulación

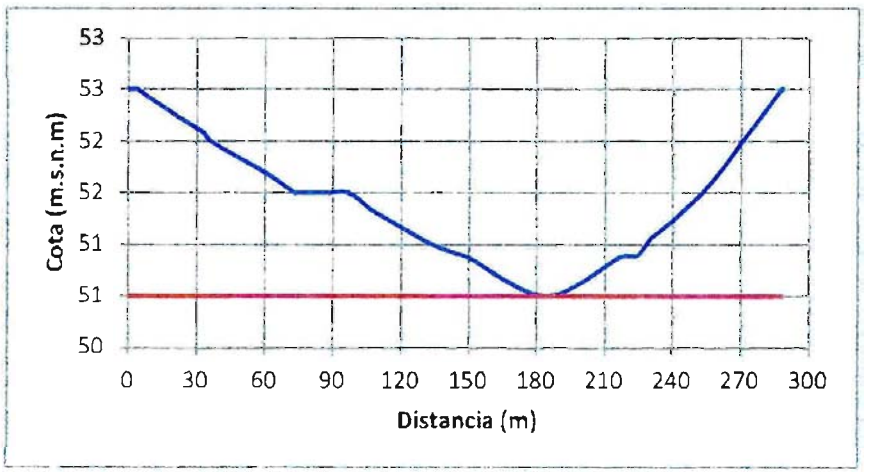
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 0,12; 0,18 y 0,22 hm^3.

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



Fuente: Elaboración propia

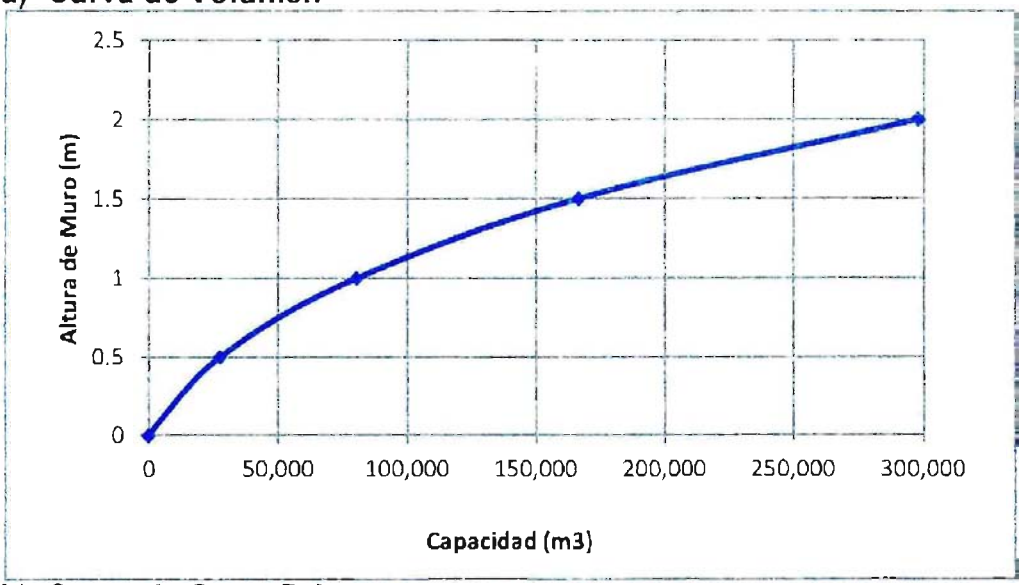
El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar

TopographyMission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

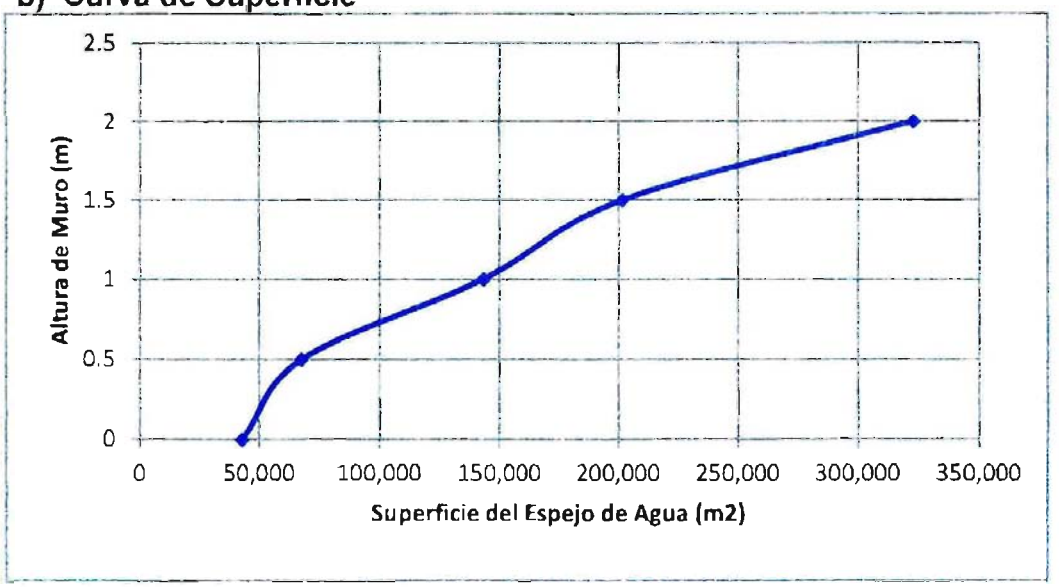
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

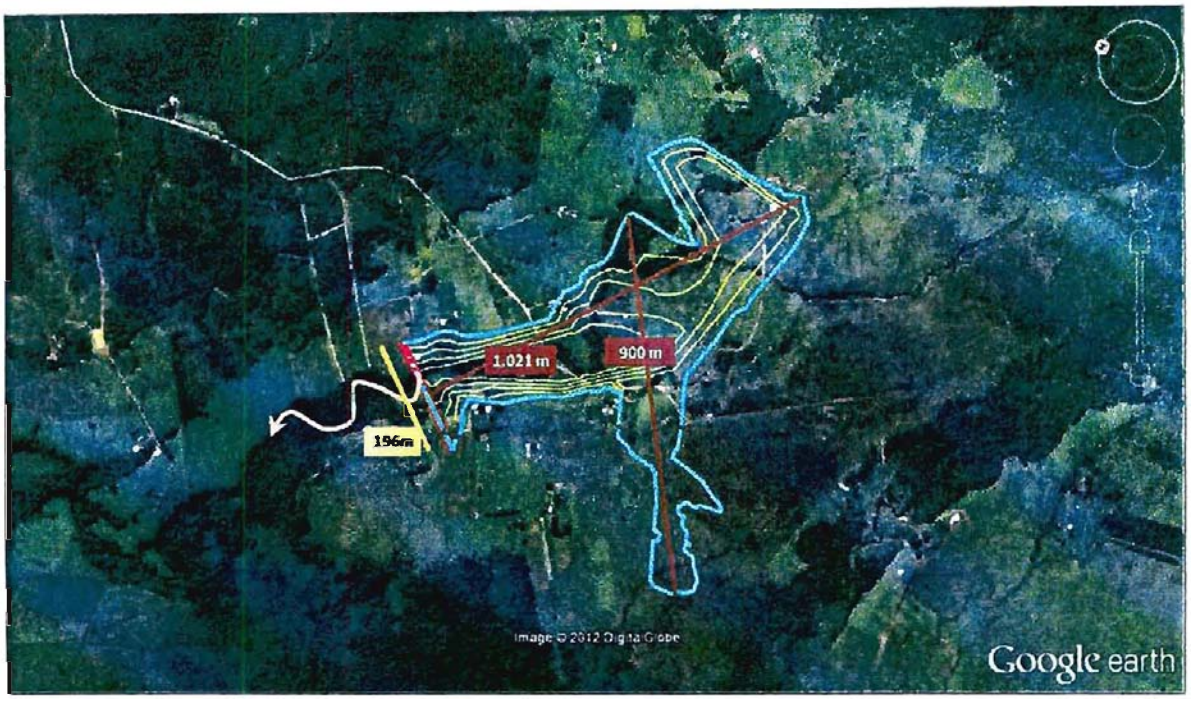


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

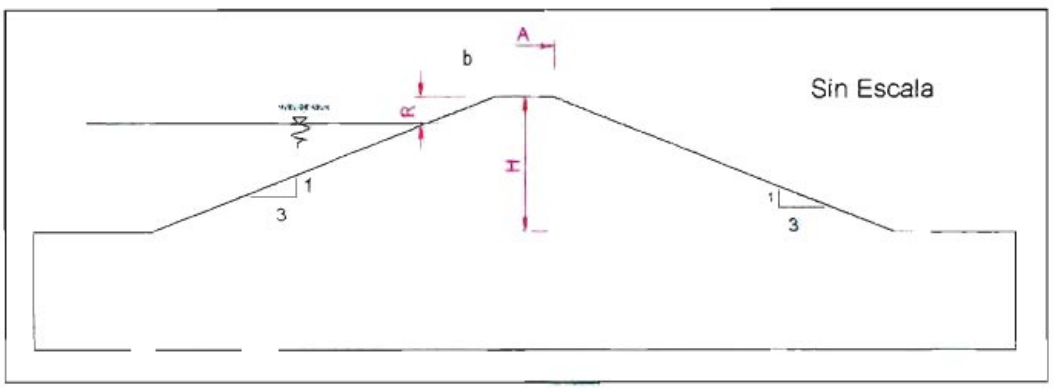
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,12	1,2	1,5	52,0	3,5	3,0	2,5
0,18	1,5	2,0	52,5	3,5	3,0	2,5
0,22	1,7	2,0	52,5	3,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,12	2,962
0,22	1,340

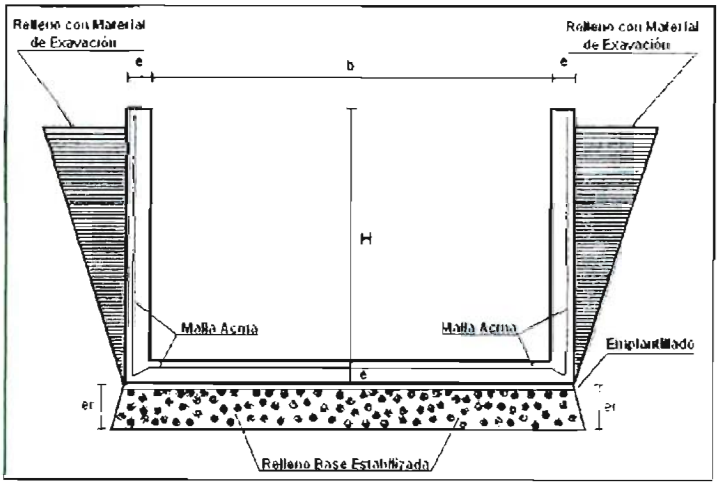
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente, dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur, y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

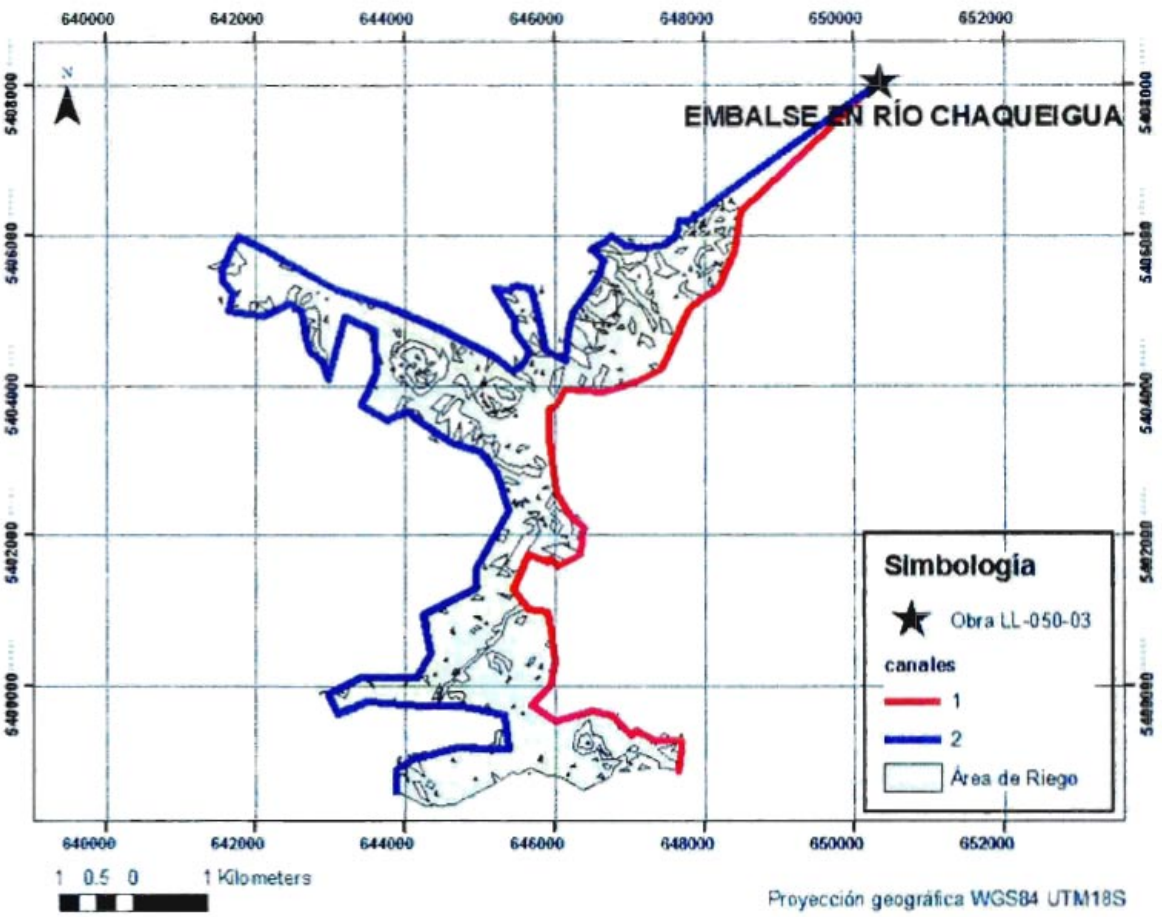
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm^3)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
0,12	1.000	10.8	2.4	0,50	0,7	0,7	15	15
0,18	1.100	12.8	12.9	0,55	0,8	0,8	15	15
0,22	1.170	14.6	30.6	0,60	0,8	0,8	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1 A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 1,8 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

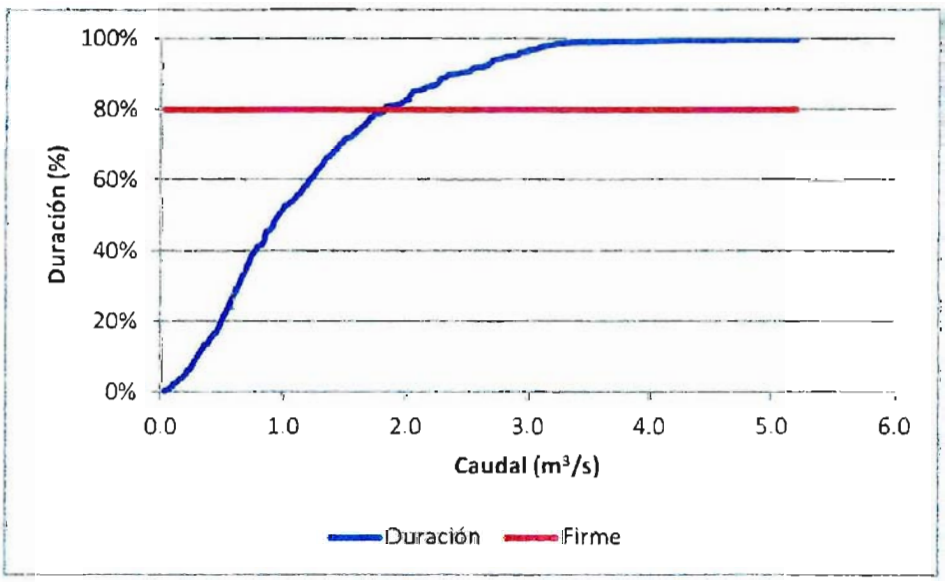
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil, se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
0,12	1,2	17	89,1
0,18	1,5	22	110,6
0,22	1,7	25	122,8

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 0,12 hm³ / h= 1,5 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	4.084	1.500	1.320	6.126.000	5.390.880
m³	Excavaciones	2.145	5.000	4.800	10.725.000	10.296.000
m³	Relleno de la presa	3.502	4.000	3.840	14.008.000	13.447.680
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	725	50.000	48.000	36.250.000	34.800.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	1.740	3.500	3.430	6.090.000	5.968.200
Total Muro					**73.199.000**	**69.902.760**
Volumen = 0,18 hm³ / h=2,0 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	5.091	1.500	1.320	7.636.500	6.720.120
m³	Excavaciones	2.590	5.000	4.800	12.950.000	12.432.000
m³	Relleno de la presa	5.344	4.000	3.840	21.376.000	20.520.960
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	1.057	50.000	48.000	52.850.000	50.736.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	2.536	3.500	3.430	8.876.000	8.698.480
Total Muro					**103.688.500**	**99.107.560**
Volumen = 0,22 hm³ / h=2,0 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	5.091	1.500	1.320	7.636.500	6.720.120
m³	Excavaciones	2.590	5.000	4.800	12.950.000	12.432.000
m³	Relleno de la presa	5.344	4.000	3.840	21.376.000	20.520.960
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	1.057	50.000	48.000	52.850.000	50.736.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	2.536	3.500	3.430	8.876.000	8.698.480
Total Muro					**103.688.500**	**99.107.560**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Muro 1= 0,12 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	1.622	12.594	11.335	20.427.468	18.384.721
m³	Hormigón H-30	4.455	99.523	94.547	443.374.965	421.206.217
m²	Malla Acma C-295	29.700	7.877	7.719	233.946.900	229.267.962
m²	Moldajes 3 usos	13.640	8.834	7.951	120.495.760	108.446 184
m²	Aplicación Antisol	9.240	255	230	2.356.200	2.120.580
m	Juntas de dilatación	5.544	5.994	5.395	33.230.736	29.907.662
Total Sistema Distribución					**853.832.029**	**809.333.326**
Muro 1=0,18 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	3.583	12.594	11.335	45.124.302	40.611.872
m³	Hormigón H-30	9.830	99.523	94.547	978.335.971	929.419.172
m²	Malla Acma C-295	65.535	7.877	7.719	516.219.195	505.894.811
m²	Moldajes 3 usos	29.983	8.834	7.951	264.872.767	238.385.490
m²	Aplicación Antisol	20.560	255	230	5.242.800	4.718.520
m	Juntas de dilatación	12.336	5.994	5.395	73.941.984	66.547.786
Total Sistema Distribución					**1.883.737.018**	**1.785.577.651**
Muro 3= 0,22 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	6.302	12.594	11.335	79.367.388	71.430.649
m³	Hormigón H-30	17.289	99.523	94.547	1.720.653.147	1.634.620.490
m²	Malla Acma C-295	115.260	7.877	7.719	907.903.020	889.744.960
m²	Moldajes 3 usos	52.733	8.834	7.951	465.846.267	419.261.640
m²	Aplicación Antisol	36.160	255	230	9.220.800	8.298.720
m	Juntas de dilatación	21.696	5.994	5.395	130.045.824	117.041.242
Total Sistema Distribución					**3.313.036.446**	**3.140.397.700**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
0,12	17,0	41.089.850	1.819	85.000
0,18	22,0	53.175.100	2.354	110.000
0.22	24,0	58 009.200	2.568	120.000

1 UF al 30/4/2012 22.592.21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo F. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

	Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
Muro 1	0,12	19,3	87.205.931,0
Muro 2	0,18	25,0	112.961.050,0
Muro 3	0,22	28,5	128.775.597,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Alternativa 1: Volumen = 0,12 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	73.199.000	69.902.760
Obra de Desvío	7.319.900	6.990.276
Obra de Toma	3.659.950	3.495.138
Vertedero	25.619.650	24.465.966
Sistema de Distribución	853.832.029	809.333.326
Caminos de Acceso	7.319.900	6.990.276
TOTAL COSTO DIRECTO	**980.950.429**	**931.177.742**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**588.570.257**	**558.706.645**
Minicentral Hidroeléctrica	41.089.850	41.089.850
TOTAL COSTO DIRECTO	**41.089.850**	**41.089.850**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**14.381.448**	**14.381.448**
EXPROPIACIONES	**87.205.931**	**87.205.931**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**1.712.197.915**	**1.632.561.616**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**75.790**	**72.265**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**3.541.917**	**3.377.178**

Alternativa 2: Volumen = 0,18 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	103.688.500	99.107.560
Obra de Desvío	10.368.850	9.910.756
Obra de Toma	5.184.425	4.955.378
Vertedero	36.290.975	34.687.646
Sistema de Distribución	1.883.737.018	1.785.577.651
Caminos de Acceso	10.368.850	9.910.756
TOTAL COSTO DIRECTO	**2.059.638.618**	**1.954.149.747**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**1.235.783.171**	**1.172.489.848**
Minicentral Hidroeléctrica	53.175.100	53.175.100
TOTAL COSTO DIRECTO	**53.175.100**	**53.175.100**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**18.611.285**	**18.611.285**
EXPROPIACIONES	**112.961.050**	**112.961.050**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**3.480.169.224**	**3.311.387.030**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**154.050**	**146.579**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**7.199.208**	**6.850.059**

Alternativa 3: Volumen = 0,22 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	103.688.500	99.107.560

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	10.368.850	9.910.756
Obra de Toma	5.184.425	4.955.378
Vertedero	36.290.975	34.687.646
Sistema de Distribución	3.313.036.446	3.140.397.700
Caminos de Acceso	10.368.850	9.910.756
TOTAL COSTO DIRECTO	**3.488.938.046**	**3.308.969.796**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**2.093.362.827**	**1.985.381.878**
Minicentral Hidroeléctrica	60.426.250	60.426.250
TOTAL COSTO DIRECTO	**60.426.250**	**60.426.250**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**21.149.188**	**21.149.188**
EXPROPIACIONES	**128.775.597**	**128.775.597**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**5.792.651.908**	**5.504.702.708**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**256.412**	**243.666**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**11.982.896**	**11.387.234**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros

básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Flujos Alternativas a Precios de Mercado ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	110.743.112	110.743.112	0	110.743.112	0	110.743.112	0	110.743.112	0
1	113.287.274	-68.048.654	-181.335.928	-821.621.257	-934.908.530	-899.466.394	-1.012.753.667	-953.957.990	-1.067.245.263
2	113.287.274	-68.036.676	-181.323.950	-1.143.491.410	-1.256.778.683	-1.253.690.941	-1.366.978.215	-1.330.830.613	-1.444.117.887
3	113.287.274	-68.016.857	-181.304.131	-1.879.686.636	-1.992.973.910	-2.063.868.504	-2.177.155.777	-2.192.795.811	-2.306.083.084
4	113.287.274	-68.014.913	-181.302.186	-677.930.014	-791.217.288	-741.319.953	-854.607.227	-785.692.911	-898.980.184
5	113.287.274	-95.229.944	-208.517.218	-412.064.616	-525.351.890	-445.993.263	-559.280.537	-469.743.316	-583.030.590
6	79.448.095	-175.531.763	-254.979.858	625.209.440	545.761.345	707.101.060	627.652.965	764.425.194	684.977.099
7	93.792.809	16.621.144	-77.171.665	1.790.684.713	1.696.891.904	1.969.161.854	1.875.369.045	2.094.095.853	2.000.303.044
8	92.502.894	16.594.284	-75.908.610	2.694.542.221	2.602.039.328	2.963.924.881	2.871.421.987	3.152.492.743	3.059.989.849
9	95.685.831	16.634.733	-79.051.097	3.290.765.766	3.195.079.935	3.619.710.099	3.524.024.269	3.849.971.133	3.754.285.302
10	99.997.137	17.109.931	-82.887.206	3.880.217.649	3.780.220.512	4.267.849.716	4.167.852.580	4.539.192.164	4.439.195.027
11	105.620.225	17.566.989	-88.053.236	4.207.751.870	4.102.131.646	4.627.647.029	4.522.026.805	4.921.573.641	4.815.953.416
12	107.471.368	17.565.725	-89.905.643	4.210.017.704	4.102.546.336	4.629.912.863	4.522.441.495	4.923.839.475	4.816.368.106
13	110.743.112	17.564.607	-93.178.505	4.213.887.911	4.103.144.799	4.633.783.070	4.523.039.958	4.927.709.681	4.816.966.569
14	113.287.274	17.562.600	-95.724.674	2.786.555.690	2.673.268.417	3.062.692.894	2.949.405.620	3.255.988.936	3.142.701.663
15	113.287.274	17.564.544	-95.722.730	1.135.322.918	1.022.035.644	1.245.520.749	1.132.233.475	1.322.659.230	1.209.371.957
16	113.287.274	17.564.784	-95.722.489	-1.727.460.452	-1.840.747.726	-1.904.955.843	-2.018.243.116	-2.029.202.616	-2.142.489.890
17	111.286.108	15.107.215	-96.178.893	-392.491.415	-503.777.523	-435.583.484	-546.869.592	-465.747.932	-577.034.040
18	112.799.075	16.621.144	-96.177.930	-49.066.774	-161.865.849	-57.798.441	-170.597.516	-63.910.608	-176.709.683
19	80.933.614	16.594.284	-64.339.330	816.064.817	735.131.203	897.829.144	816.895.530	955.064.172	874.130.558
20	93.805.811	16.634.733	-77.171.077	1.790.686.607	1.696.880.797	1.969.162.634	1.875.356.824	2.094.095.853	2.000.290.043
21	92.674.887	17.109.931	-75.564.956	2.694.617.337	2.601.942.450	2.963.955.811	2.871.280.924	3.152.492.743	3.059.817.856
22	96.161.028	17.566.989	-78.594.040	3.290.901.570	3.194.740.542	3.619.766.019	3.523.604.990	3.849.971.133	3.753.810.105
23	100.340.791	17.565.725	-82.775.066	3.880.284.230	3.779.943.439	4.267.877.132	4.167.536.341	4.539.192.164	4.438.851.373
24	105.620.225	17.564.607	-88.055.618	4.207.751.870	4.102.131.646	4.627.647.029	4.522.026.805	4.921.573.641	4.815.953.416
25	107.471.368	17.562.600	-89.908.768	4.210.017.704	4.102.546.336	4.629.912.863	4.522.441.495	4.923.839.475	4.816.368.106
26	110.743.112	17.564.544	-93.178.568	4.213.887.911	4.103.144.799	4.633.783.070	4.523.039.958	4.927.709.681	4.816.966.569
27	113.287.274	17.564.784	-95.722.489	2.786.555.690	2.673.268.417	3.062.692.894	2.949.405.620	3.255.988.936	3.142.701.663
28	111.286.108	15.107.215	-96.178.893	1.134.964.822	1.023.678.714	1.245.373.297	1.134.087.189	1.322.659.230	1.211.373.122
29	112.799.075	16.621.144	-96.177.930	-1.727.598.150	-1.840.397.225	-1.905.012.542	-2.017.811.616	-2.029.202.616	-2.142.001.691
30	112.771.627	16.594.284	-96.177.343	-392.275.016	-505.046.642	-435.494.378	-548.266.005	-465.747.932	-578.519.559

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Flujos Alternativas a Precios Sociales ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	110.743.112	110.743.112	0	110.743.112	0	110.743.112	0	110.743.112	0
1	113.287.274	-68.048.654	-181.335.928	-821.621.257	-934.908.530	-899.466.394	-1.012.753.667	-953.957.990	-1.067.245.263
2	113.287.274	-68.036.676	-181.323.950	-1.143.491.410	-1.256.778.683	-1.253.690.941	-1.366.978.215	-1.330.830.613	-1.444.117.887
3	113.287.274	-68.016.857	-181.304.131	-1.879.686.636	-1.992.973.910	-2.063.868.504	-2.177.155.777	-2.192.795.811	-2.306.083.084
4	113.287.274	-68.014.913	-181.302.186	-677.930.014	-791.217.288	-741.319.953	-854.607.227	-785.692.911	-898.980.184
5	113.287.274	-95.229.944	-208.517.218	-412.064.616	-525.351.890	-445.993.263	-559.280.537	-469.743.316	-583.030.590
6	79.448.095	-175.531.763	-254.979.858	625.209.440	545.761.345	707.101.060	627.652.965	764.425.194	684.977.099
7	93.792.809	16.621.144	-77.171.665	1.790.684.713	1.696.891.904	1.969.161.854	1.875.369.045	2.094.095.853	2.000.303.044
8	92.502.894	16.594.284	-75.908.610	2.694.542.221	2.602.039.328	2.963.924.881	2.871.421.987	3.152.492.743	3.059.989.849
9	95.685.831	16.634.733	-79.051.097	3.290.765.766	3.195.079.935	3.619.710.099	3.524.024.269	3.849.971.133	3.754.285.302
10	99.997.137	17.109.931	-82.887.206	3.880.217.649	3.780.220.512	4.267.849.716	4.167.852.580	4.539.192.164	4.439.195.027
11	105.620.225	17.566.989	-88.053.236	4.207.751.870	4.102.131.646	4.627.647.029	4.522.026.805	4.921.573.641	4.815.953.416
12	107.471.368	17.565.725	-89.905.643	4.210.017.704	4.102.546.336	4.629.912.863	4.522.441.495	4.923.839.475	4.816.368.106
13	110.743.112	17.564.607	-93.178.505	4.213.887.911	4.103.144.799	4.633.783.070	4.523.039.958	4.927.709.681	4.816.966.569
14	113.287.274	17.562.600	-95.724.674	2.786.555.690	2.673.268.417	3.062.692.894	2.949.405.620	3.255.988.936	3.142.701.663
15	113.287.274	17.564.544	-95.722.730	1.135.322.918	1.022.035.644	1.245.520.749	1.132.233.475	1.322.659.230	1.209.371.957
16	113.287.274	17.564.784	-95.722.489	-1.727.460.452	-1.840.747.726	-1.904.955.843	-2.018.243.116	-2.029.202.616	-2.142.489.890
17	111.286.108	15.107.215	-98.178.893	-392.491.415	-503.777.523	-435.583.484	-546.869.592	-465.747.932	-577.034.040
18	112.799.075	16.621.144	-96.177.930	-49.066.774	-161.865.849	-57.798.441	-170.597.516	-63.910.608	-176.709.683
19	80.933.614	16.594.284	-64.339.330	816.064.817	735.131.203	897.829.144	816.895.530	955.064.172	874.130.558
20	93.805.811	16.634.733	-77.171.077	1.790.686.607	1.696.880.797	1.969.162.634	1.875.356.824	2.094.095.853	2.000.290.043
21	92.674.887	17.109.931	-75.564.956	2.694.617.337	2.601.942.450	2.963.955.811	2.871.280.924	3.152.492.743	3.059.817.856
22	96.161.028	17.566.989	-78.594.040	3.290.901.570	3.194.740.542	3.619.766.019	3.523.604.990	3.849.971.133	3.753.810.105
23	100.340.791	17.565.725	-82.775.066	3.880.284.230	3.779.943.439	4.267.877.132	4.167.536.341	4.539.192.164	4.438.851.373
24	105.620.225	17.564.607	-88.055.618	4.207.751.870	4.102.131.646	4.627.647.029	4.522.026.805	4.921.573.641	4.815.953.416
25	107.471.368	17.562.600	-89.908.768	4.210.017.704	4.102.546.336	4.629.912.863	4.522.441.495	4.923.839.475	4.816.368.106
26	110.743.112	17.564.544	-93.178.568	4.213.887.911	4.103.144.799	4.633.783.070	4.523.039.958	4.927.709.681	4.816.966.569
27	113.287.274	17.564.784	-95.722.489	2.786.555.690	2.673.268.417	3.062.692.894	2.949.405.620	3.255.988.936	3.142.701.663
28	111.286.108	15.107.215	-96.178.893	1.134.964.822	1.023.678.714	1.245.373.297	1.134.087.189	1.322.659.230	1.211.373.122
29	112.799.075	16.621.144	-96.177.930	-1.727.598.150	-1.840.397.225	-1.905.012.542	-2.017.811.616	-2.029.202.616	-2.142.001.691
30	112.771.627	16.594.284	-96.177.343	-392.275.016	-505.046.642	-435.494.378	-548.266.005	-465.747.932	-578.519.559

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este

motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son: goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
0,12	203.389.440	194.951.066	1.366.131.246	1.294.933.322
0,18	281.442.560	269.715.354	3.013.979.229	2.856.924.241
0,22	281.442.560	269.715.354	5.300.858.313	5.024.636.320

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 CostoMCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
0,12	17,0	41.089.850
0,18	22,0	53.175.100
0,22	25,0	60.426.250

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto es rentable a precios privados y sociales. Por otra parte, cuando se incorpora la hidrogeneración la rentabilidad del proyecto desciende levemente, dado la baja generación del embalse. La evaluación se presenta en el Anexo E.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,12	3.867,6	2,46	17,8%	20.354,3	13,66	22,1%
0,18	2.605,6	0,79	15,0%	20.799,0	6,65	18,8%
0,22	524,1	0,09	12,5%	19.913,3	3,76	15,9%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,12	3.840,3	2,36	17,7%	20.348,1	13,17	22,0%
0,18	2.568,6	0,76	14,9%	20.788,0	6,50	18,7%
0,22	481,1	0,08	12,4%	19.899,1	3,70	15,9%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 0,18hm³, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 1.170 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH, aunque a nivel de perfil entrega una rentabilidad menor al proyecto de sólo riego.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN RÍO CHAQUEIHUA
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	**INTRODUCCIÓN**	1
2.	**USO DEL SUELO**	1
3.	**DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA**	2
3.1	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	**ANTECEDENTES ECONÓMICOS**	8
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1.	Costos Indirectos	11
4.2 1.2	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	100,0	61,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	31,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,3	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	59,2	59,2
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2,1	2,1
Cereales y barbecho	1,1	1,1
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	36,5	36,5
Forrajeras anuales	0,8	0,8
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
43,0	30,0	30,0	35,0	51,0	65,0	82,0	95,0	107,0	96,0	91,0	67,0	792,0

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	0,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	20,7
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
134,0	135,0	134,0	135,0	120,0	97,0	103,0	109,0	85,0	85,0	95,0	121,0	1.353,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	0,0	0,0	0,0	27,4
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	6,2	0,0	0,0	22,9
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	9,1	0,0	0,0	43,9

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	223,0	83,0	0,0	0,0	306,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	773,0	202,0	0,0	0,0	975,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	**-**	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	**-**	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654 100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	**-**	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	**-**	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267 956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1 Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN RÍO CHAQUEIHUA
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \ \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{minimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geometrica del embalse -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 1,8 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

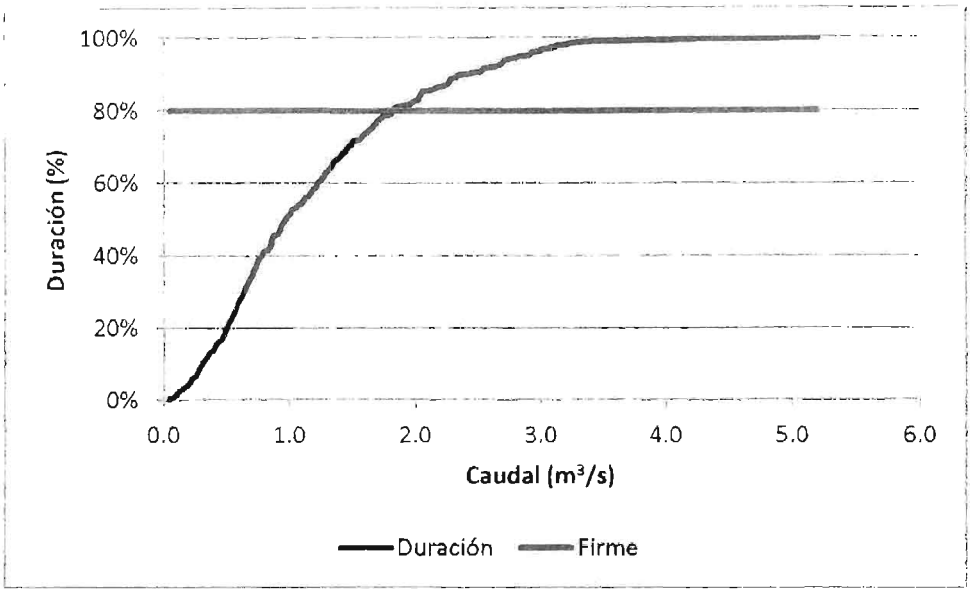
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN RÍO CHAQUEIHUA
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

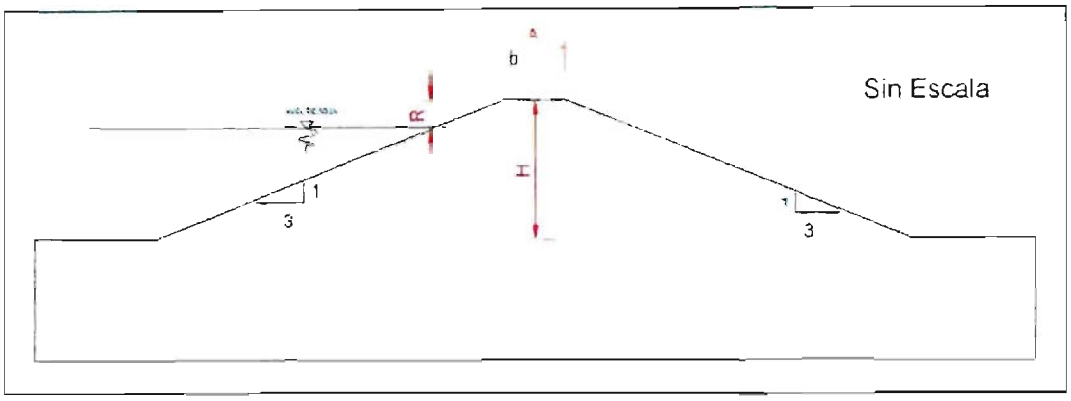
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,12	1,2	1,5	52	3,5	3,0	2,5
0,22	1,7	2,0	52,5	3,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
0,12	CL-SC	30	1,0	1,8	2,0
0,22	CL-SC	30	1,0	1,8	2,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las caracteristicas heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

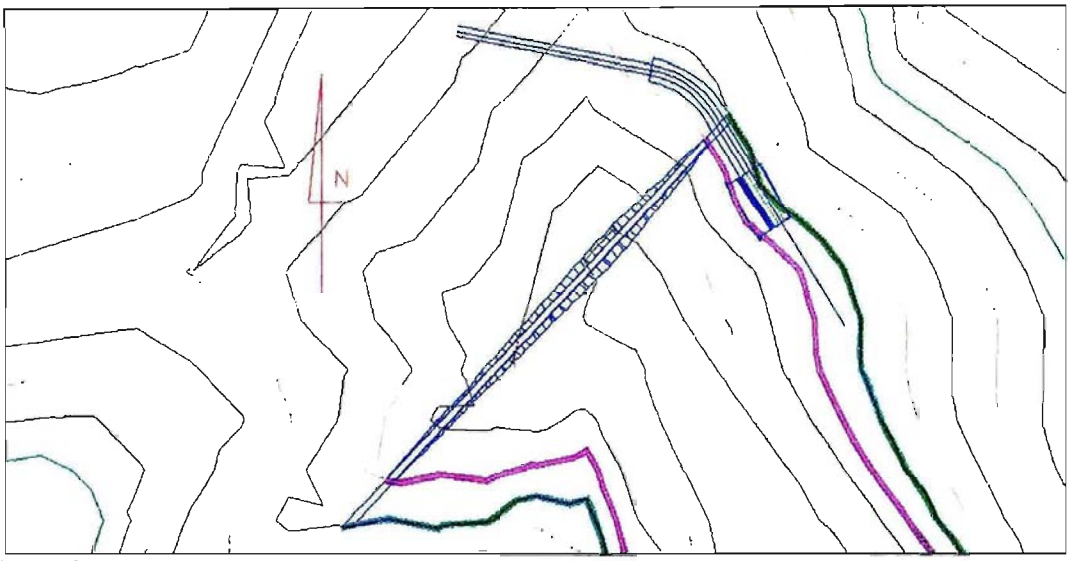
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,12	2,962
0,22	1,340

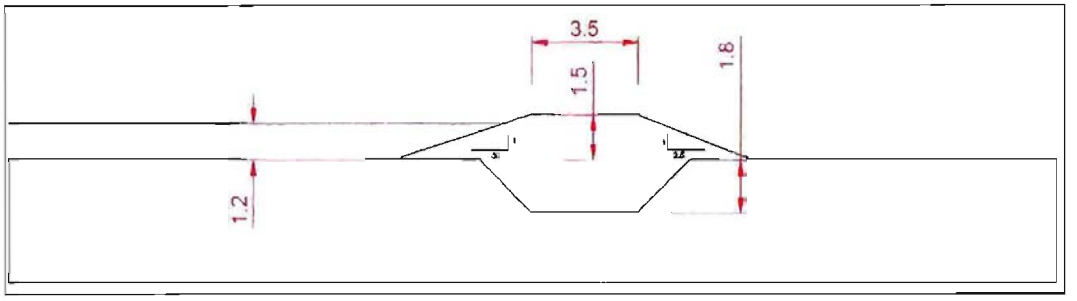
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 0,12 hm^3

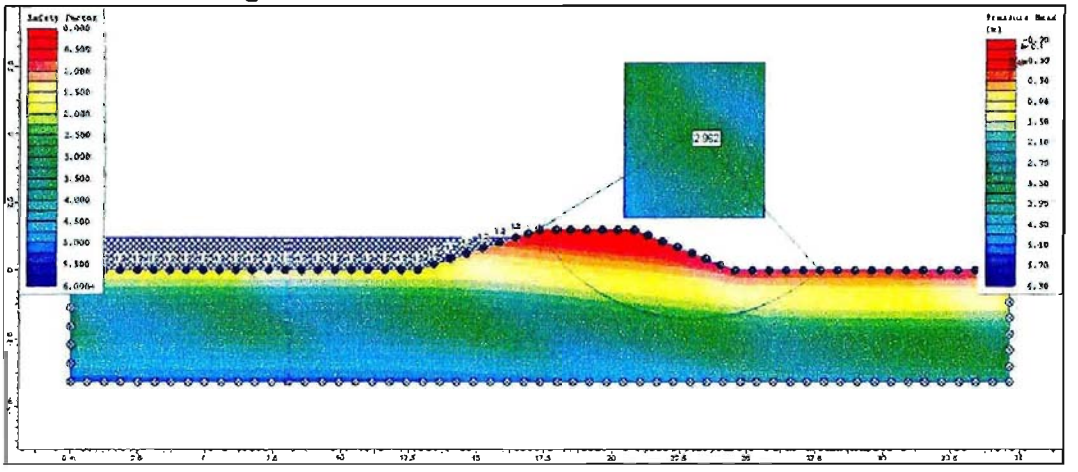
Vista en Planta



Perfil de Presa



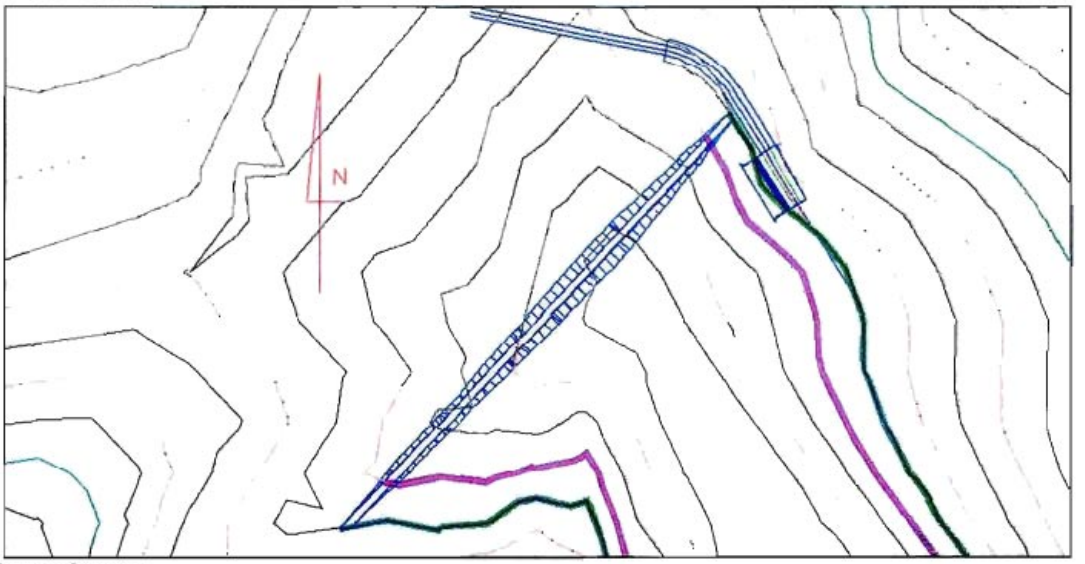
Análisis Factor de Seguridad



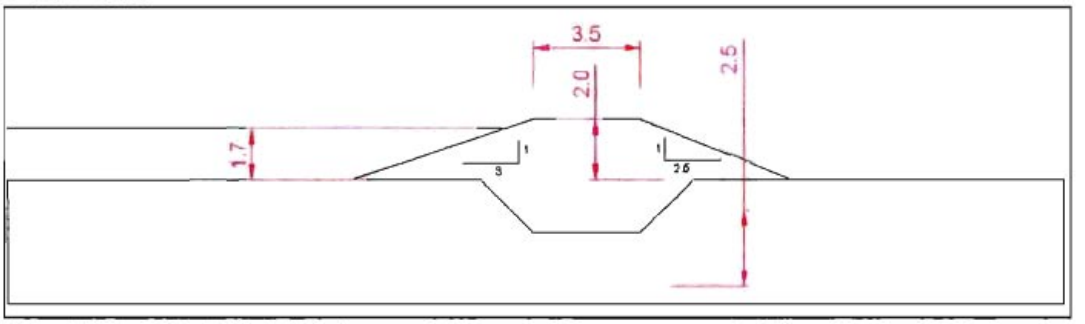
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 0,22 hm^3

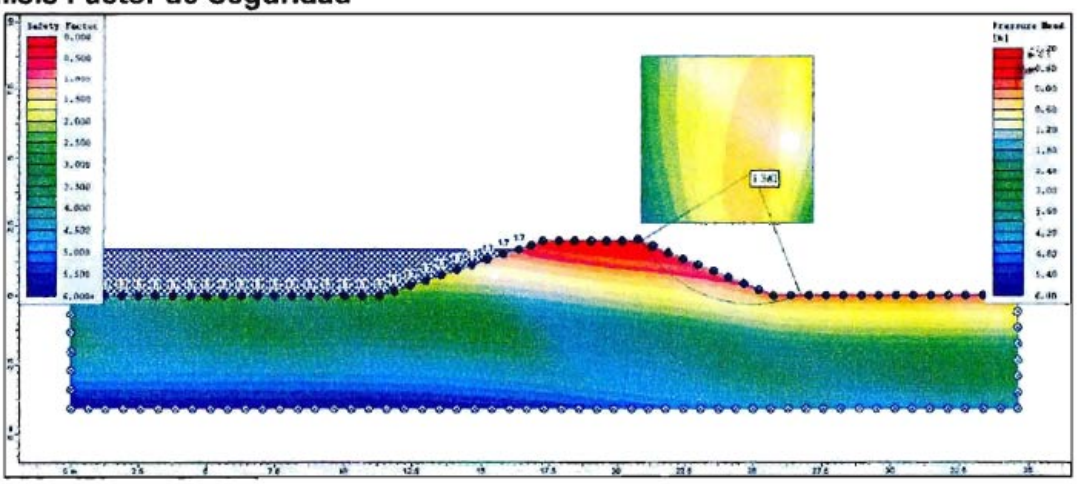
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #2:

EMBALSE EN ESTERO LLAHUALCO



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN ESTERO LLAHUALCO (LL-09)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS	3
3.	DIAGNÓSTICO	3
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3 2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	5
3 3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	6
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	7
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	8
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	8
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	9
3.6.3.	Demandas de Agua	10
3.7.	BALANCE HÍDRICO	11
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO	12
4.1.	OBRAS CIVILES	12
4.1 1.	Embalse de Regulación	12
4.1.2.	Sistema de Distribución	16
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	18
5.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	19
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	19
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	19
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	20
5.4.	EXPROPIACIONES	20
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	21
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	22
6.1.	GENERALIDADES	22
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	22
6.3.	BENEFICIOS	23
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	23
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	29
6.4.	COSTOS	29
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	29
6.4.2.	Costos Obras Civiles	31
6.4.3.	Costo MCH	31
6.4.4.	Costos Ambientales	31
6.5.	RESULTADOS	31
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	32

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Estero Llahualco**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Estero Llahualco comuna de Río Negro, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del Estero Llahualco actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Estero Llahualco.

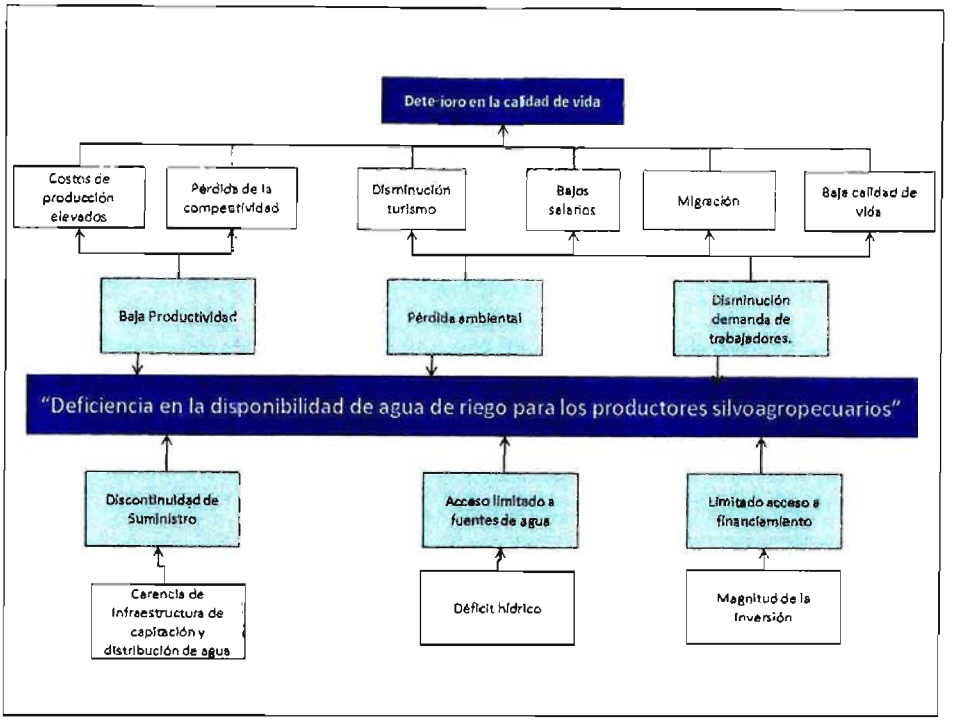
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Estero Llahualco, existen 70 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían sobre 30 ha potenciales de frutales y 40 ha potenciales de praderas.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

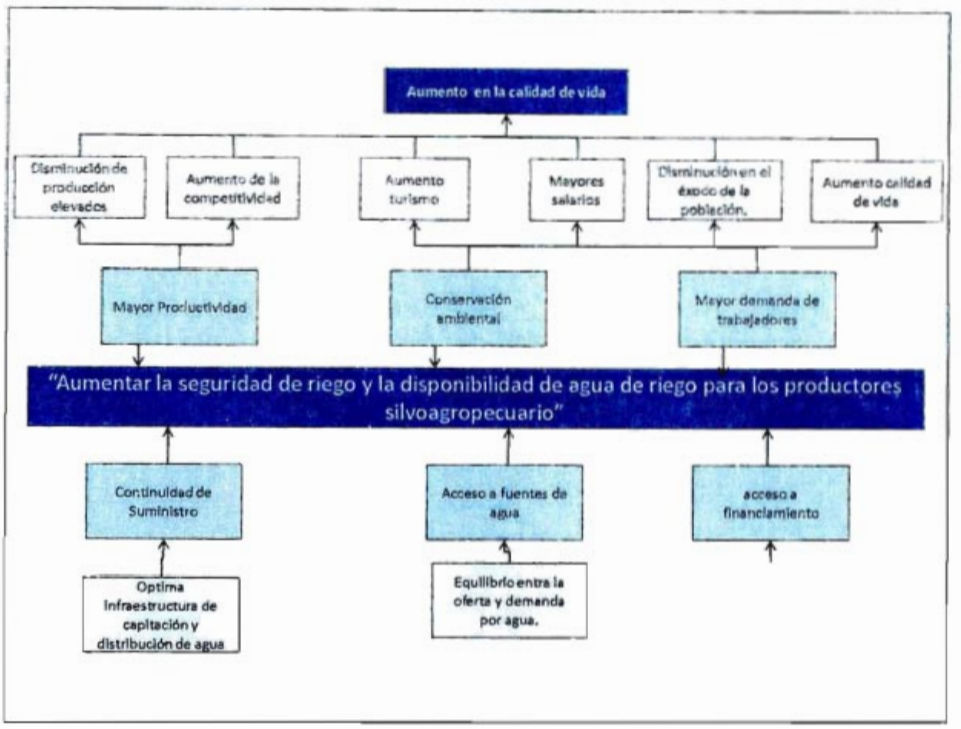


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema" en "Objetivo", los "Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines", obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible.

3. DIAGNÓSTICO

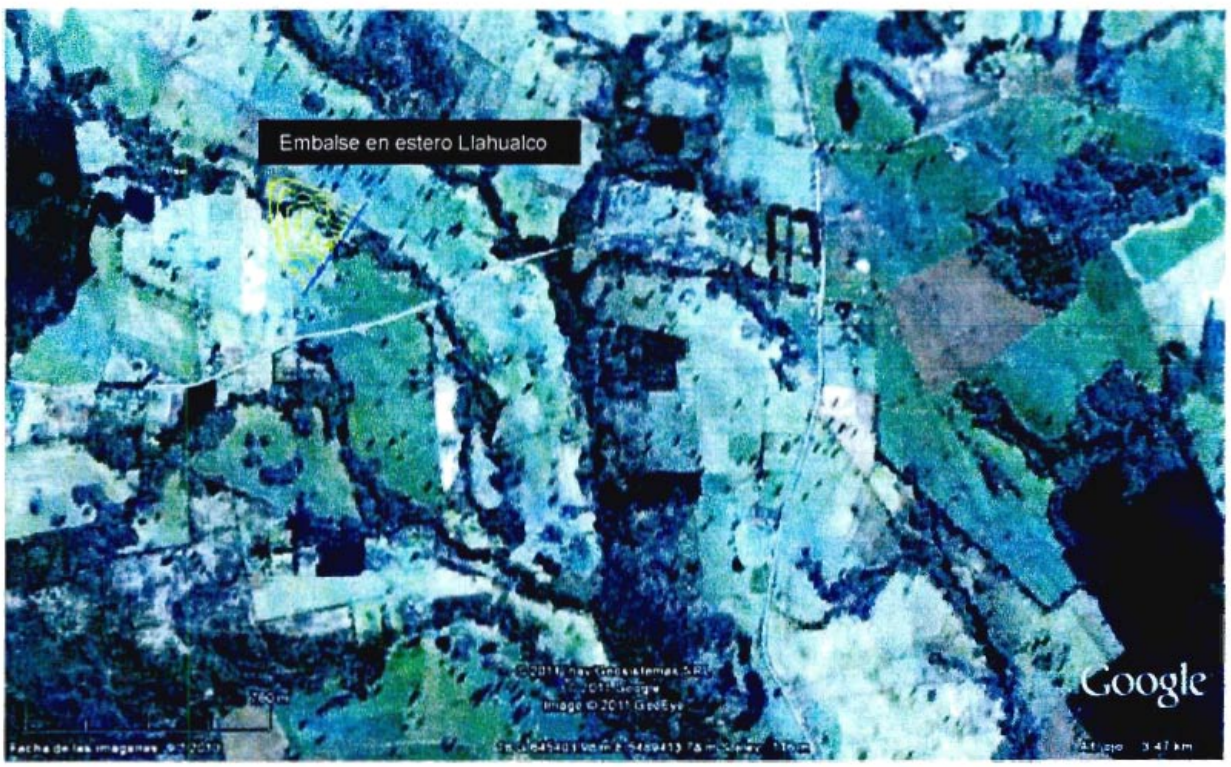
3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Osorno, comuna de Río Negro en la Región de Los Lagos, Chile central (5.504.940N, 621.000E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

El clima de esta comuna es del tipo templado lluvioso con influencia mediterránea, con temperaturas medias de 11,4° y precipitaciones anuales del orden de los 1.400 mm, sin embargo, por influencia de los cambios climáticos globales, se presentan actualmente variaciones que le dan un carácter inestable, situación que obliga al replanteamiento de las actividades agrícolas (principalmente). Los totales anuales de agua caída son superiores a 1.300 mm y sobrepasan los 2.200 mm en algunos sectores específicos. Las temperaturas valores medios todavía se mantienen sobre los 10°, por lo que las características de clima templado persisten (Dirección Meteorológica de Chile, 2011), (Figura 3.1-1).

La zona de riego se encuentra inmediatamente aguas abajo de la obra. Corresponde a un valle estrecho, donde el área de riego seria de 70 ha (Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondodel embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima posiblede riego para la obra en cuestión corresponde a 70 ha. En el Anexo A se presenta un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Río Negro y está compuesta por un total de 14.732 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Osorno	221.608	50%	50%
Comuna de Río Negro	14.732	51%	49%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 44,66% de la población vive en la ciudad y el 55,3% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Puerto Montt es de un 15,93 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Río Negro	Región	País
Pobre Indigente	967	396	635	4,74	2,43	3,74
Pobre no Indigente	2.622	1.791	1.345	10,04	11,76	11,38
No Pobre	10.631	11.394	11.417	85,22	85,80	84,88
Total	14.22	13.581	13.397	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

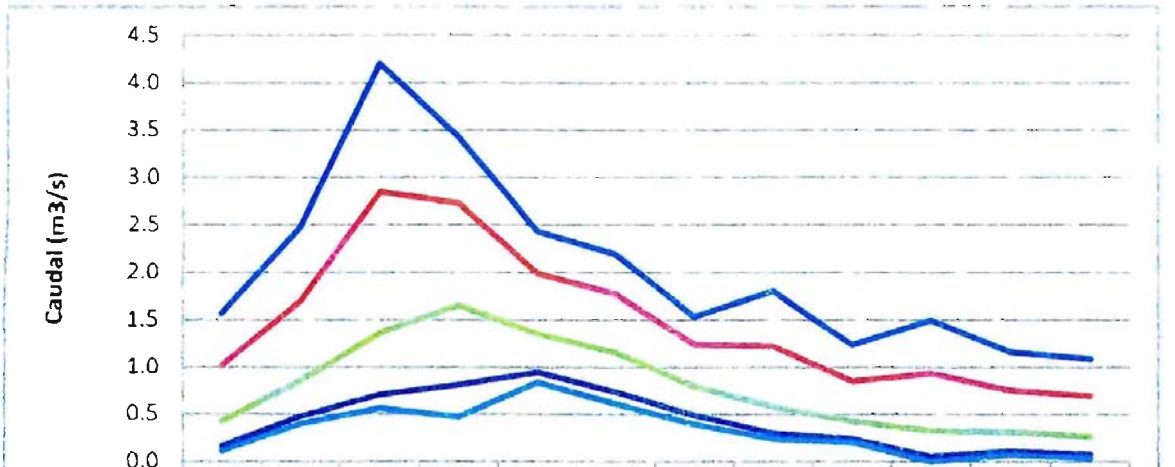
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.600 mm y un caudal medio superior a los 900L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Cañal Bajo. Los caudales se generaron con relaciones precipitación-escorrentía ya que no se cuenta con control fluviométrico. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.

Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-1.

[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALESTERO LLAHUALCO



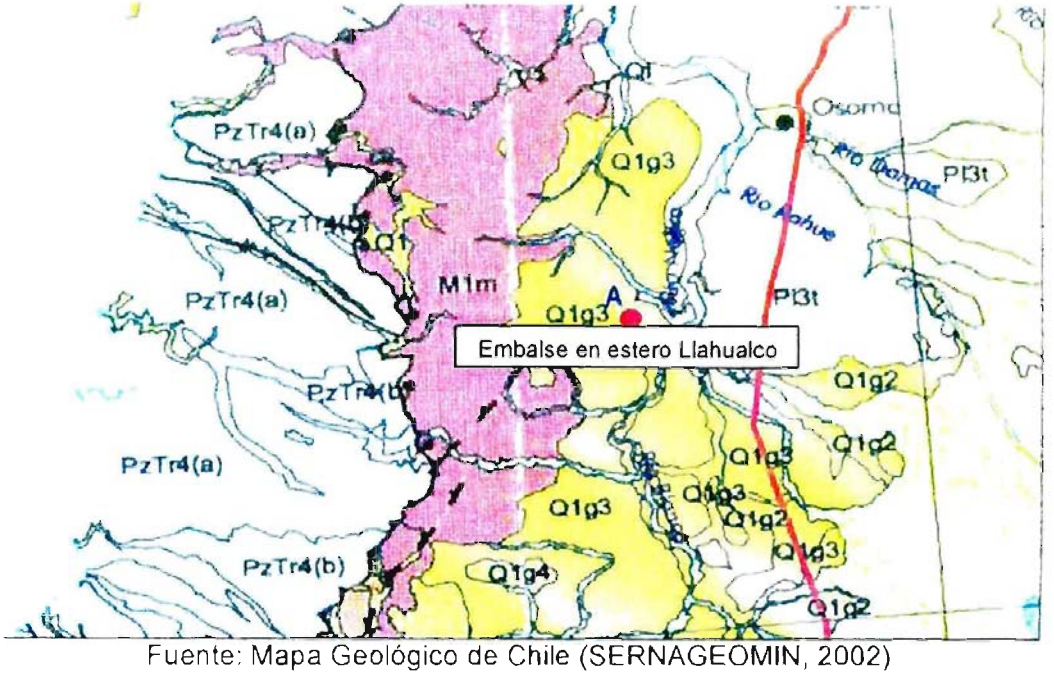
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
5,0%	1.57	2.48	4.21	3.43	2.44	2.19	1.54	1.81	1.23	1.49	1.16	1.09
15,0%	1.02	1.70	2.85	2.73	1.99	1.78	1.24	1.22	0.85	0.94	0.76	0.70
50,0%	0.43	0.85	1.36	1.66	1.36	1.16	0.80	0.58	0.43	0.33	0.31	0.27
1,176	0.17	0.48	0.71	0.81	0.95	0.74	0.49	0.30	0.24	0.06	0.11	0.08
95,0%	0.11	0.40	0.57	0.47	0.83	0.62	0.39	0.24	0.21	0.00	0.07	0.04

Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

El sitio de LLahualco se ubica en la zona denominada **Q1g3** del **Pleistoceno-Holoceno**. Se caracteriza por depósitos morrénicos, fluvioglaciales y glaciolacustres: diamictos de bloques y matriz limoarcilla, gravas, arenas y limos. En la Cordillera Principal, regiones I a IV. En la Depresión Central, regiones IX a X; regiones XI a XII: lóbulos morénicos en el frente de los lagos proglaciales, abanicos fluvioglaciales frontales o varves en la ribera de los lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del Pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a glaciaciones Llanquihue (1; 35-14,2 ka); Santa María (2; 262-132 ka); Río Llico (3; 480-338) o Caracol (4; 687-512 ka). La ubicación del sitio se presenta en la Figura 3.4-1.

FIGURA3.5-1
GEOLOGÍA SECTOR LLAHUALCO



Fuente: Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2002)
Ubicación del sitio propuesto

De acuerdo a la caracterización geológica cualitativa de las formaciones de cada alternativa, desde el punto de vista de cómo la geología podría incidir en la fundación de la presa y de los canales, se definió esta caracterización cualitativa según los tipos geológicos siguientes:

a) Bueno: Roca de cualquier tipo, graníticas, metamórficas y sedimentarias, inalteradas, con escaso fracturamiento y resistentes.

b) Regular: Roca y/o sedimento moderadamente consolidado, permeabilidad moderada, estable en corte.

c) Mala: Rocas meteorizadas y/o depósitos no consolidados o suelos, baja compacidad, permeables, inestables en corte.

En el caso particular del sitio Llahualco se define su caracterización geológica como regular.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del

uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 2LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

Para la Situación Sin Proyecto se ha considerado mantener la estructura productiva presente en la Situación Actual, representada por el Censo Agropecuario del año 2007, la que se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 70 ha (ver Acápite 4.1.1), dentro de una envolvente de 3,5 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	0.9	91 3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.1	8.7
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	0.0
SUBTOTAL RIEGO	1.0	100.0
SECANO		
Frutales y viveros	0.3	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	45.1	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.9	1.3
Cereales y barbecho	1.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	21.6	31.3
Forrajeras anuales	0.1	0.1
SUBTOTAL SECANO	69.0	100.0
Subtotal Riego	1.0	1.4
Subtotal Secano	69.0	93.8
Infraestructura y Terrenos Estériles	3.5	4.8
TOTAL	73.5	100.0

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura o Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinó que con un embalse de 0,08 hm^3 es posible regar una superficie de 70,0 ha.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	39.9	57.0	39.9	57.0	39.9	57.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	24.5	35.0	24.5	35.0	24.5	35.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	5.6	8.0	5.6	8.0	5.6	8.0
SUBTOTAL RIEGO	**70.0**	**100.0**	**70.0**	**100.0**	**70.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.0	65.3	0.0	65.3	0.0	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0	1.3
Cereales y barbecho	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	0.0	31.3	0.0	31.3	0.0	31.3
Forrajeras anuales	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
SUBTOTAL SECANO	**0.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	70.0	95.2	70.0	95.2	70.0	95.2
Subtotal Secano	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	3.5	4.8	3.5	4.8	3.5	4.8
TOTAL	**73.5**	**100.0**	**73.5**	**100.0**	73.5	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Ver Anexo C

3.7 BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \quad (4)$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

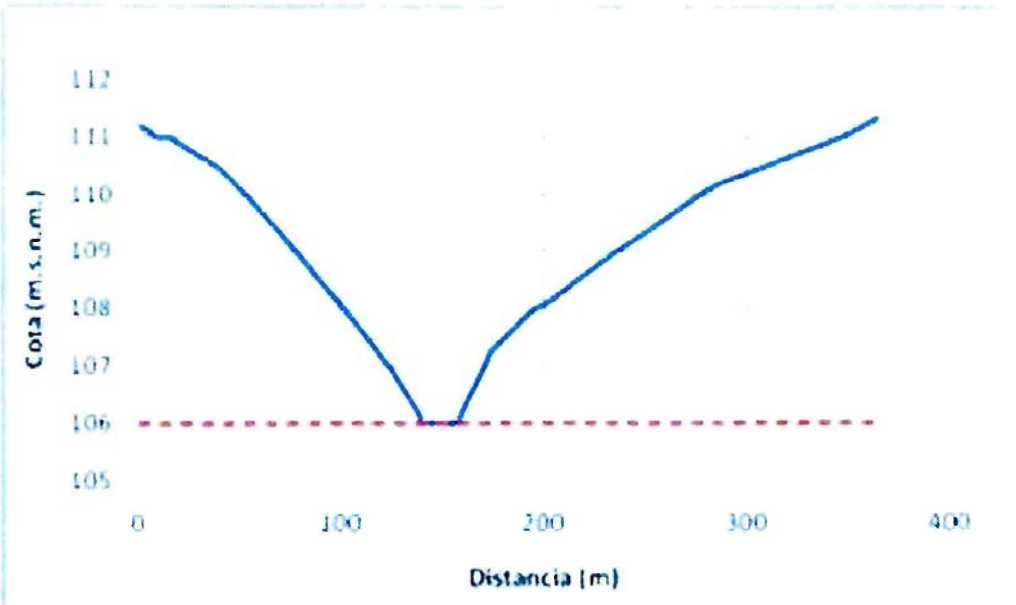
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó un volumen de embalse de 0,08 hm³.

Con el fin de determinar las caracteristicas del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



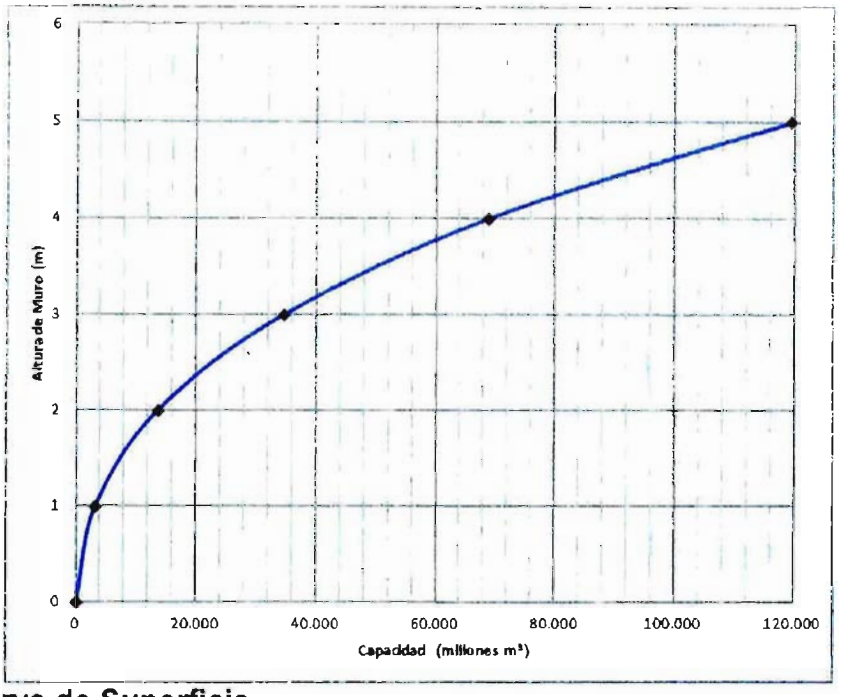
Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar Topography Mission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

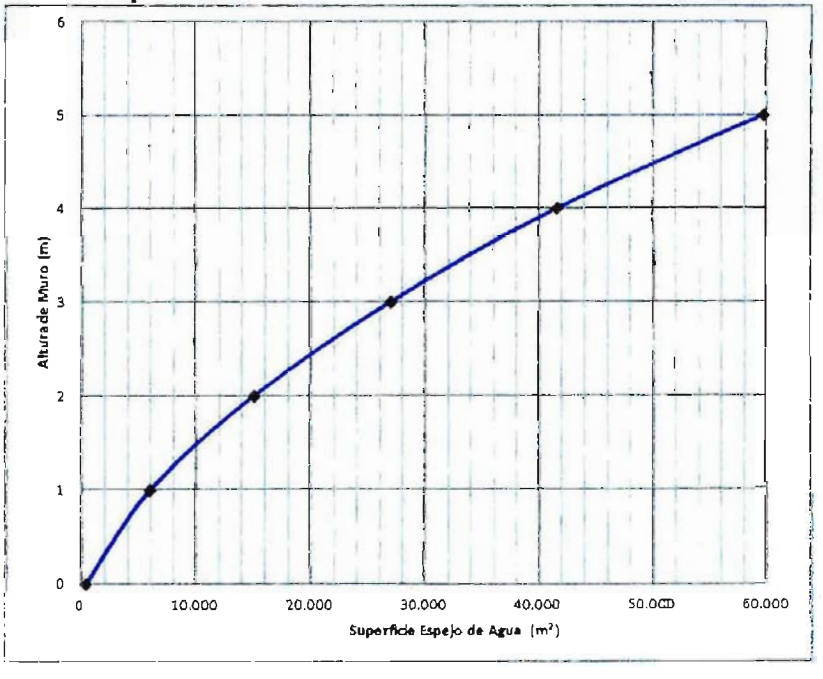
A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen



b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,08	4,3	5,0	111,0	4,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-3. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

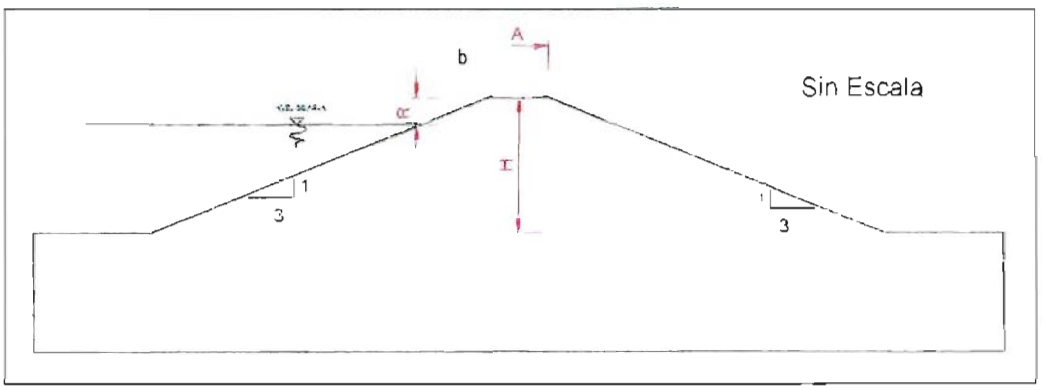
En el Anexo D se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad obtenido es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,08	2,269

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



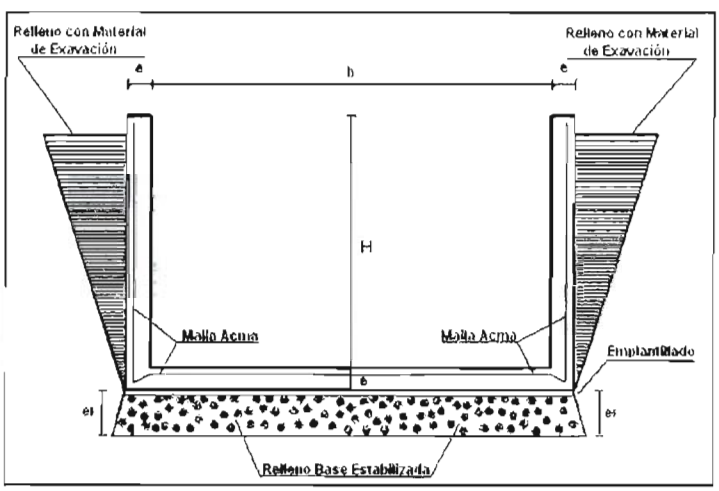
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente, dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada altemativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las caracteristicas de los canales.

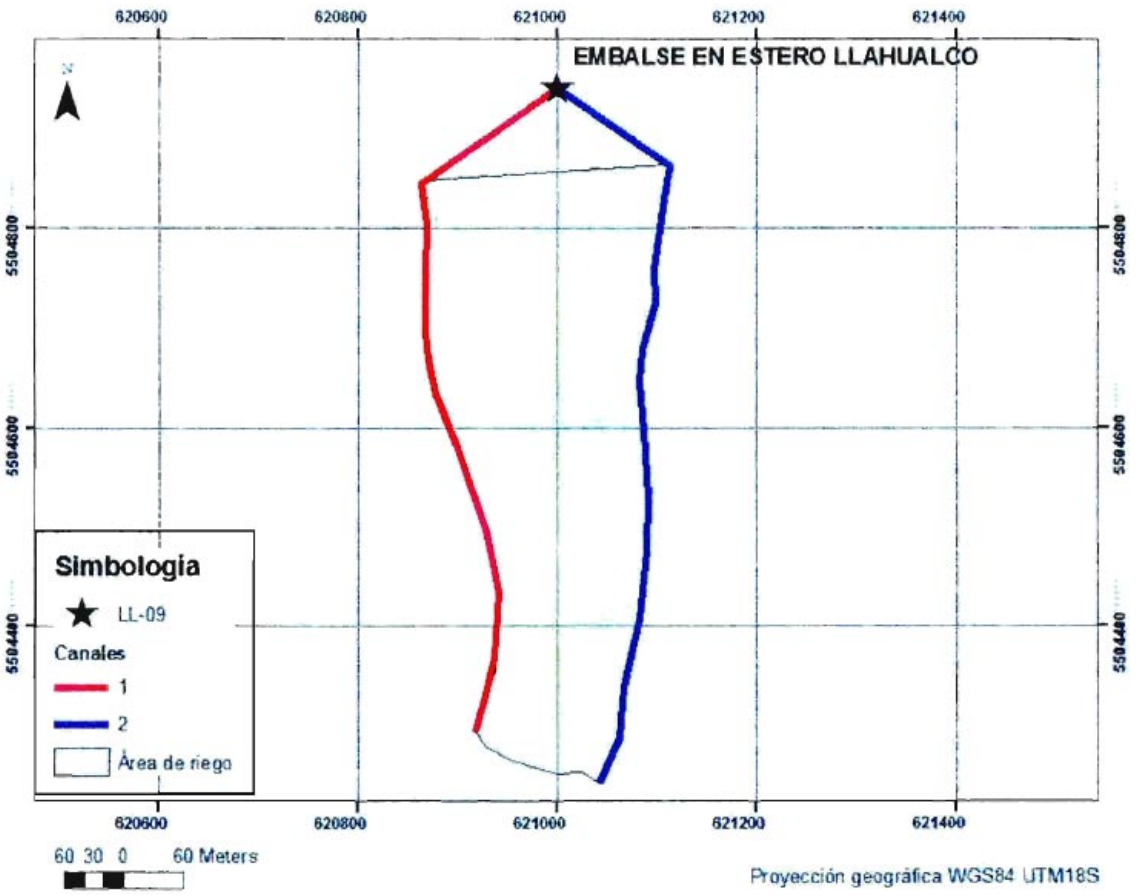
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm^3)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
0,08	60	0,7	0,8	0,65	0,3	0,3	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1 A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 11,5 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kWh) de la MCH viene dada por:

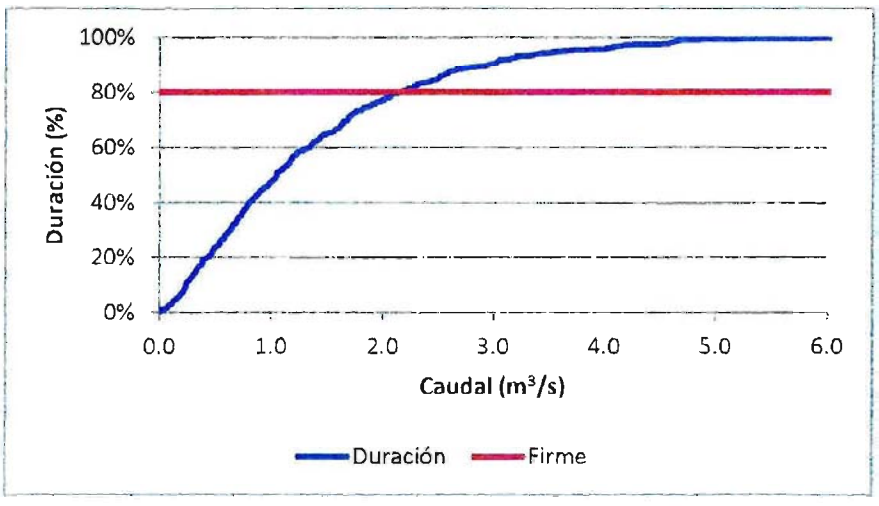
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Como caudal máximo probable de diseño se considera un caudal equivalente al 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,2 m^3/s.

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
0,08	4,3	71	248,2

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. Embalse de Regulación

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 0,08 hm^3 / h= 5,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m^2	Roce descepe y escarpe	7.764	1.500	1.320	11.646.000	10.248.480
m^3	Excavaciones	4.097	5.000	4.800	20.485.000	19.665.600
m^3	Relleno de la presa	12.764	4.000	3.840	51.056.000	49.013.760
m^3	Enrocado de protección e=0,5 m	1.792	50.000	48.000	89.600.000	86.016.000
m^2	Filtro geotextil sobre enrocado	4.301	3.500	3.430	15.053.500	14.752.430
Total Muro					**187.840.500**	**179.696.270**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. Sistema de Distribución

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Muro 1= 0,12 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	85	12.594	11.335	1.070.490	963.441
m³	Hormigón H-30	236	99.523	94.547	23.512.309	22.336.693
m²	Malla Acma C-295	1.575	7.877	7.719	12.406.275	12.158.150
m²	Moldajes 3 usos	750	8.834	7.951	6.625.500	5.962.950
m²	Aplicación Antisol	450	255	230	114.750	103.275
m	Juntas de dilatación	270	5.994	5.395	1.618.380	1.456.542
Total Sistema Distribución					**45.347.704**	**42.981.051**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
0,08	71,0	171.610.550	7.596	355.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo E. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
0,08	4,6	23.044.054,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 0,12 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	187.840.500	179.696.270
Obra de Desvío	18.784.050	17.969.627
Obra de Toma	9.392.025	8.984.814
Vertedero	65.744.175	62.893.695
Sistema de Distribución	45.347.704	42.981.051
Caminos de Acceso	18.784.050	17.969.627
TOTAL COSTO DIRECTO	**355.892.504**	**340.495.083**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**213.535.502**	**204.297.050**
Minicentral Hidroeléctrica	171.610.550	171.610.550
TOTAL COSTO DIRECTO	171.610.550	171.610.550
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	60.063.693	60.063.693
EXPROPIACIONES	23.044.054	23.044.054
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	824.146.303	799.510.429
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	36.481	35.390
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	1.704.860	1.653.897

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben, haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que

hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.

- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.740.485	-4 740 485	0	4.520.871	-4 520.871
		1	0	463.236	-463 236	0	403.145	-403 145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente:Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2 730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919 532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en elCuadro 6.3.1-4, tanto a precios de mercado como sociales.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS

Año	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS sociales		
	Margen Neto SAO	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SAO	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	6.408.800	6.408.800	0	9.014.309	9.014.309	0
1	7.183.074	-48.198.528	-55.381.602	10.021.161	-45.616.040	-55.637.200
2	7.183.074	-68.730.617	-75.913.691	10.021.161	-63.339.182	-73.360.343
3	7.183.074	-116.217.210	-123.400.284	10.021.161	-106.100.746	-116.121.907
4	7.183.074	-39.685.354	-46.868.428	10.021.161	-27.646.236	-37.667.397
5	7.183.074	-22.713.189	-29.896.262	10.021.161	-1.217.939	-11.239.099
6	-2.703.496	37.080.273	39.783.770	-1.112.479	78.525.589	79.638.068
7	1.350.725	113.863.119	112.512.394	2.773.969	147.037.268	144.263.299
8	963.809	171.749.280	170.785.471	2.611.698	215.333.055	212.721.357
9	1.924.159	210.883.070	208.958.911	3.839.178	260.538.206	256.699.028
10	3.209.163	249.935.783	246.726.621	5.328.932	305.811.197	300.482.265
11	4.849.735	272.417.421	267.567.686	7.131.678	332.941.269	325.809.591
12	5.413.100	273.106.990	267.693.890	7.845.569	334.933.900	327.088.330
13	6.408.800	274.284.823	267.876.023	9.014.309	335.768.140	326.753.830
14	7.183.074	183.371.585	176.188.512	10.021.161	234.871.876	224.850.715
15	7.183.074	77.314.564	70.131.490	10.021.161	113.279.625	103.258.464
16	7.183.074	-106.559.135	-113.742.209	10.021.161	-96.442.671	-106.463.832
17	6.985.872	-20.792.415	-27.778.288	9.836.901	-8.753.297	-18.590.199
18	7.134.965	1.251.248	-5.883.717	9.963.866	22.746.498	12.782.633
19	-2.557.108	48.330.273	50.887.382	-987.192	89.775.589	90.762.781
20	1.352.006	113.863.119	112.511.113	2.781.787	147.037.268	144.255.482
21	980.758	171.749.280	170.768.522	2.636.065	215.333.055	212.696.990
22	1.970.986	210.883.070	208.912.083	3.888.655	260.538.206	256.649.551
23	3.243.027	249.935.783	246.692.756	5.363.536	305.811.197	300.447.660
24	4.849.735	272.417.421	267.567.686	7.131.678	332.941.269	325.809.591
25	5.413.100	273.106.990	267.693.890	7.845.569	334.933.900	327.088.330
26	6.408.800	274.284.823	267.876.023	9.014.309	335.768.140	326.753.830
27	7.183.074	183.371.585	176.188.512	10.021.161	234.871.876	224.850.715
28	6.985.872	77.314.564	70.328.692	9.836.901	113.279.625	103.442.724
29	7.134.965	-106.559.135	-113.694.100	9.963.866	-96.442.671	-106.406.536
30	7.132.260	-20.792.415	-27.924.675	9.962.189	-8.753.297	-18.715.486

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de

seguridad son: goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
0,08	496.871.680	476.022.451	72.556.326	68.769.681

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Costo MCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
0,08	128,0	309.382.400

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto sólo es rentable a precios sociales. Por otra parte, cuando se incorpora la hidrogeneración la rentabilidad del proyecto se incrementa levemente. La evaluación se presenta en el Anexo E.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,08	-435,5	-0,59	7,3%	645,4	0,90	10,0%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,08	-345,2	-0,47	8,3%	799,9	1,12	10,9%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 0,08hm³, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 70 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN ESTERO LLAHUALCO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	2
3.1	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	8
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	91,3	57,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	8,7	35,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,5	0,5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	65,3	65,3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1,3	1,3
Cereales y barbecho	1,5	1,5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	31,1	31,1
Forrajeras anuales	0,3	0,3
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
21,8	14,6	17,9	24,5	40,8	64,9	95,7	138,8	143,7	104,8	73,9	37,7	779,1

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0.0	0,0	0,0	0.0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37.0	0,0	539,8
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	740,3
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	522,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
135,0	126,0	134,0	111,0	101,0	67,0	58,0	43,0	60,0	48,0	45,0	96,0	1.024,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	102,7	90,9	33,7	0,0	0,0	245,9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	88,9	76,5	51,6	25,2	0,0	275,1
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	100,9	54,7	9,7	0,0	261,1

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	207,0	1.141,0	1.010,0	374,0	0,0	0,0	2.732,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	1 185,0	1 020,0	688,0	336,0	0,0	3.668,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.129,0	2.242,0	1.216,0	216,0	0,0	5.803,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	**-**	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	**-**	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1 1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energia	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1 Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN ESTERO LLAHUALCO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \quad \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,2 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

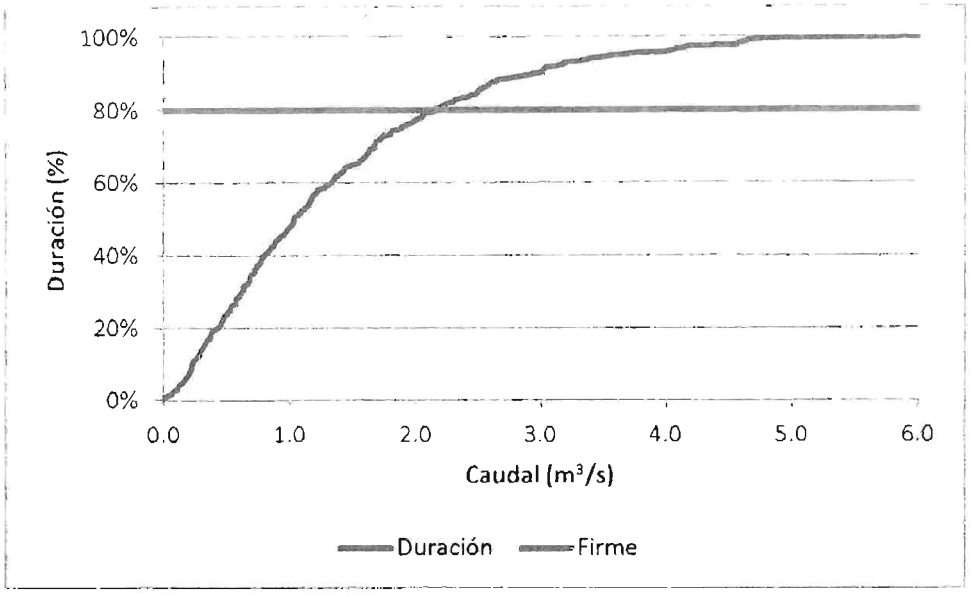
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ N° 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ N° 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ N° 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ N° 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ N° 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ N° 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ N° 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ N° 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ N° 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ N° 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ N° 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ N° 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ N° 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN ESTERO LLAHUALCO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

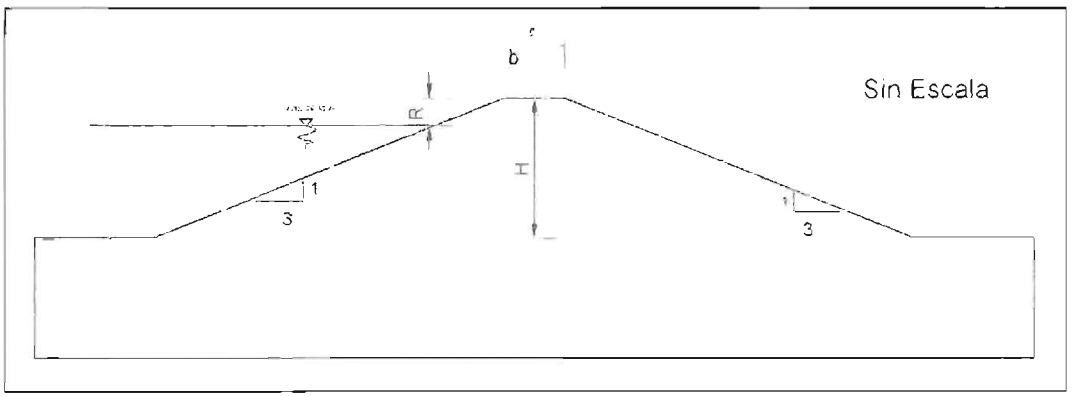
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,08	4,3	5,0	111	4,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
0,08	SC-ML	35	2,2	1,8	2,2

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en la Figura el resultado del análisis.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

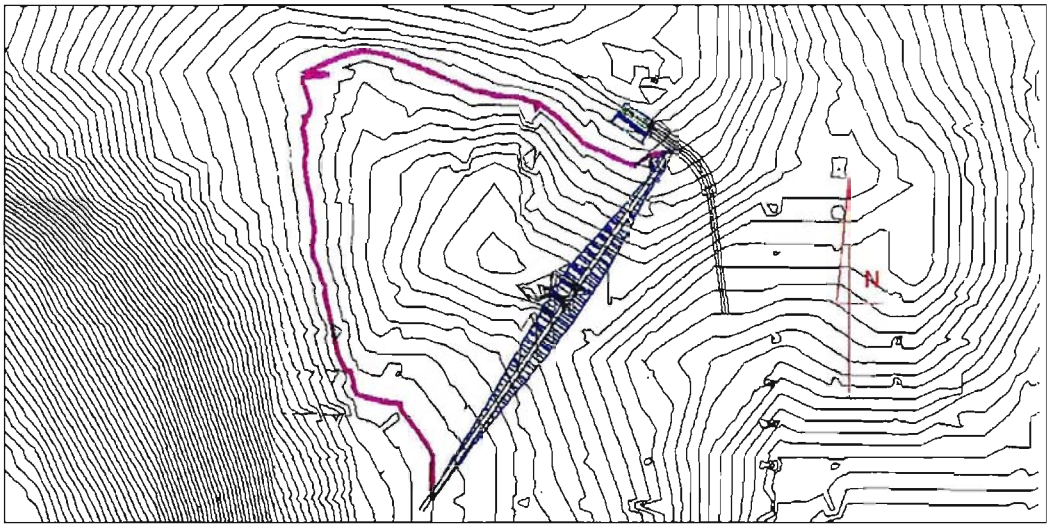
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,08	2,269

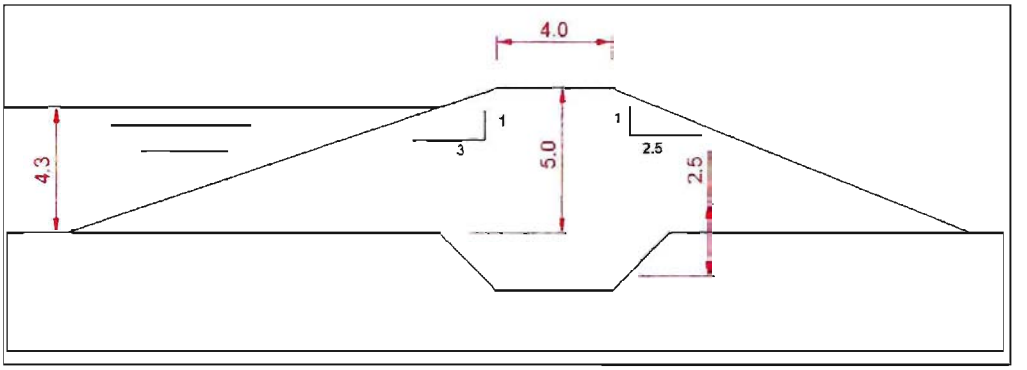
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 0,08 hm^3

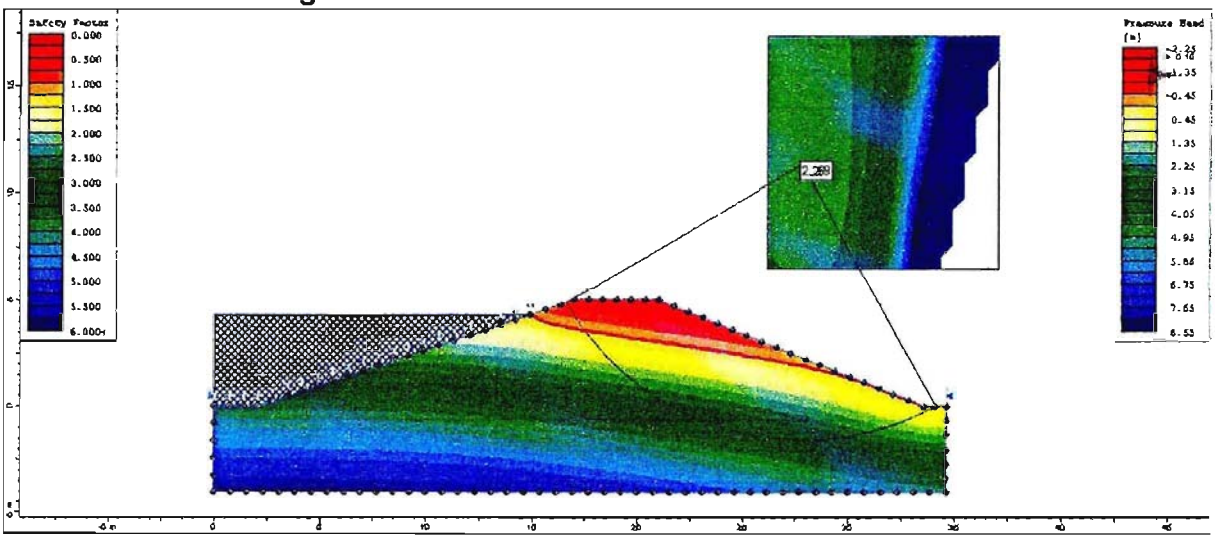
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

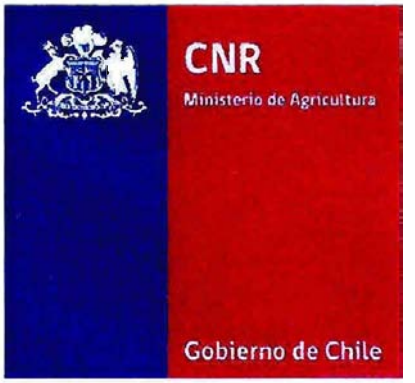
Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #3:

EMBALSE EN RIO HUEYUSCA



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO HUEYUSCA (LL-039-16)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS	3
3.	DIAGNÓSTICO	3
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	17
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	17
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	17
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	18
3.6.3.	Demandas de Agua	20
3.7.	BALANCE HÍDRICO	20
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO	12
4.1.	OBRAS CIVILES	22
4.1.1.	Embalse de Regulación	22
4.1.2.	Sistema de Distribución	26
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	28
5.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	29
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	29
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	30
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	31
5.4.	EXPROPIACIONES	32
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	32
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	34
6.1.	GENERALIDADES	34
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	35
6.3.	BENEFICIOS	35
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	35
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	43
6.4.	COSTOS	43
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	43
6.4.2.	Costos Obras Civiles	45
6.4.3.	Costo MCH	45
6.4.4.	Costos Ambientales	45
6.5.	RESULTADOS	45

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Río Hueyusca**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del río Hueyusca comuna de Fresia, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del río Hueyusca actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Río Hueyusca.

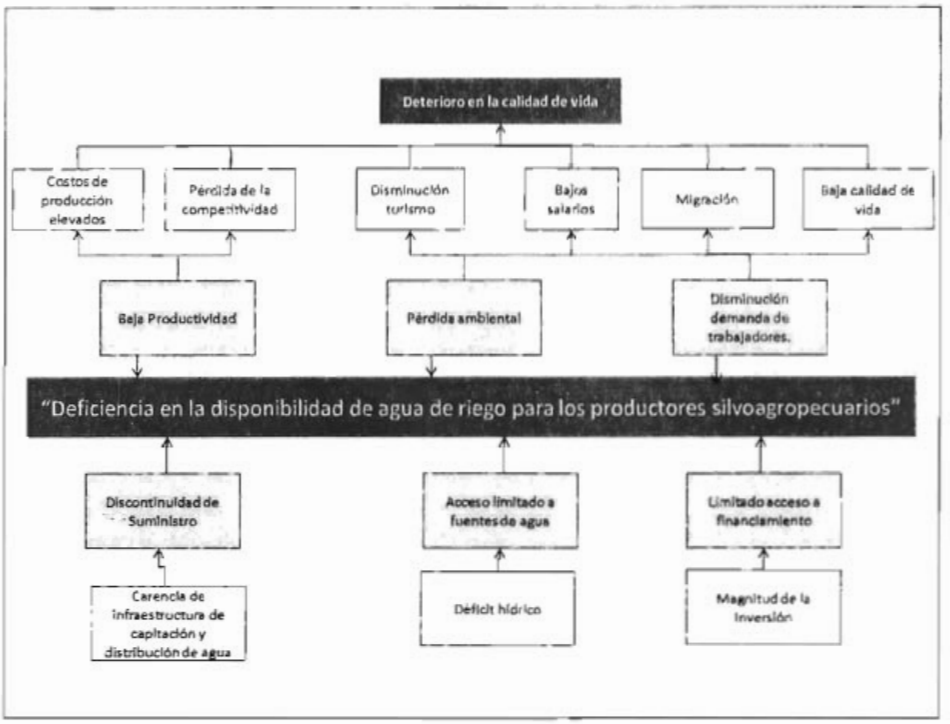
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del río Hueyusca, existen 4.600 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían sobre 1.900 ha potenciales de frutales y 2.600 ha potenciales de praderas

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

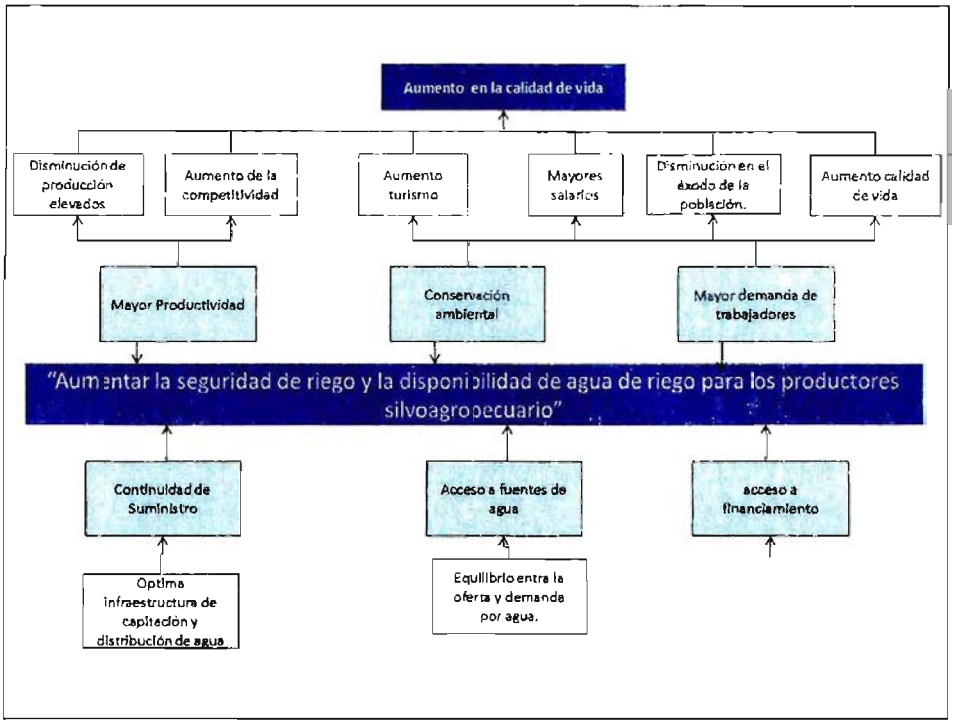


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema"en "Objetivo", los"Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines",obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Llanquihue, Región de Los Los Lagos, Chile central (5.455.397N, 612.309E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

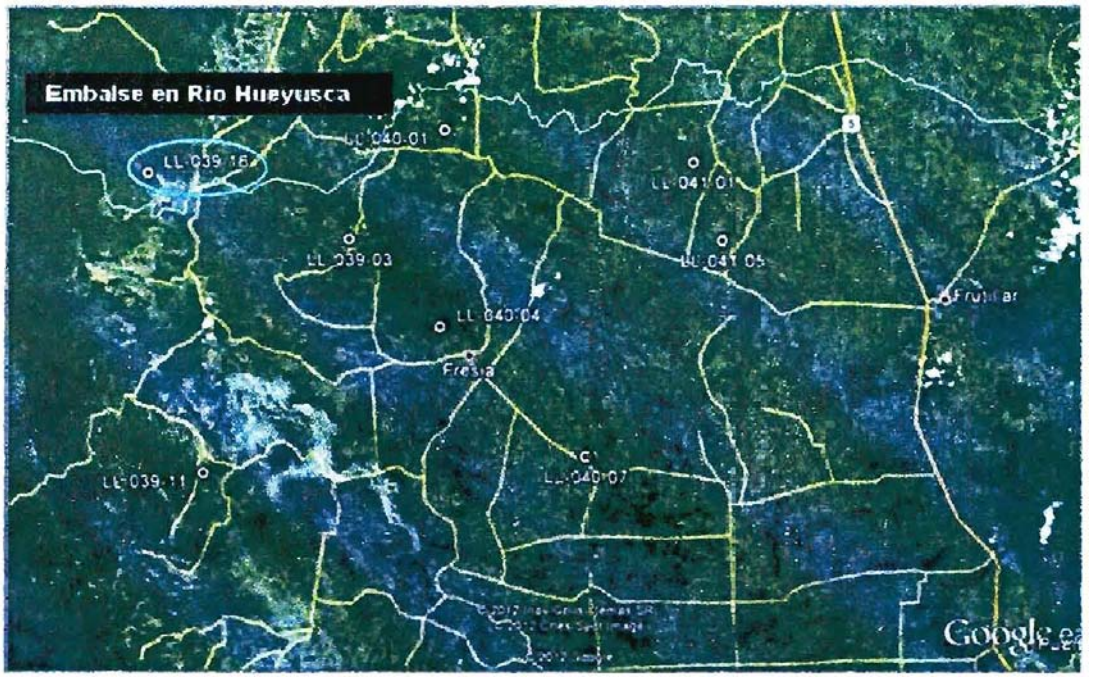
Según la clasificación del Altas Agroclimatológico de Chile (INEA, 1998), la provincia de Puerto Llanquihue presenta un Clima Marino Fresco principalmente, similar a la provincia de Osorno (INIA, 1998).

Se destaca el Agroclima Maullín en la zona costera continental y hasta el norte del borde costero oriental de la Isla Grande de Chiloé. El régimen térmico de este clima presenta una temperatura media anual de 10,9°C, máximas medias del mes más cálido de 20,1°C y una mínima del mes más frío de 4,0°C. Posee un periodo libre de heladas de ocho meses. En cuanto al régimen hídrico, se caracteriza por una precipitación anual de 1890 mm, presentando 277.0 mm en el mes de junio. La estación seca se ausenta (INIA, 1998). La zona de riego comienza unos 7 km aguas debajo del la zona de embalse. Corresponde a los sectores de Runca, Liguento y posiblemente Llastuco. Los terrenos son planos actualmente la mayoría para ganado, pero con frutales y aptitud agrícola. (Figura 3.1-1).

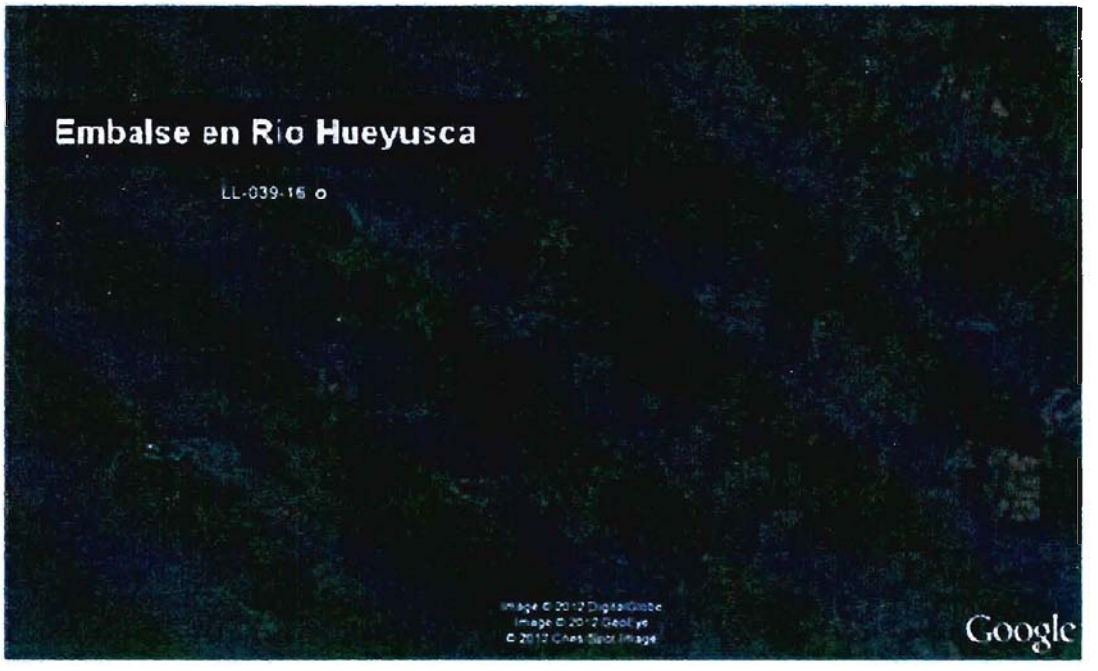
La zona de riego se encuentra 6 km aguas abajo de la obra y corresponde al poblado de La Esperanza. Son terrenos planos donde predomina la actividad ganadera y en segundo lugar la forestal(Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse

2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.

3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie de riego para la obra en cuestión corresponde a 4.600 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Fresia y está compuesta por un total de 12.804 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Llanquihue	321.493	51%	49%
Comuna de Fresia	12.804	51%	49%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 48% de la población de la comuna vive en la ciudad y el 52% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Fresia es de un 7,15 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Fresia	Región	País
Pobre Indigente	1.517	369	485	3,92	2,43	3,74
Pobre no Indigente	1.709	823	399	3,23	11,76	11,38
No Pobre	8.909	10.852	11.484	92,85	85,80	84,88
Total	12.135	12.044	12.368	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

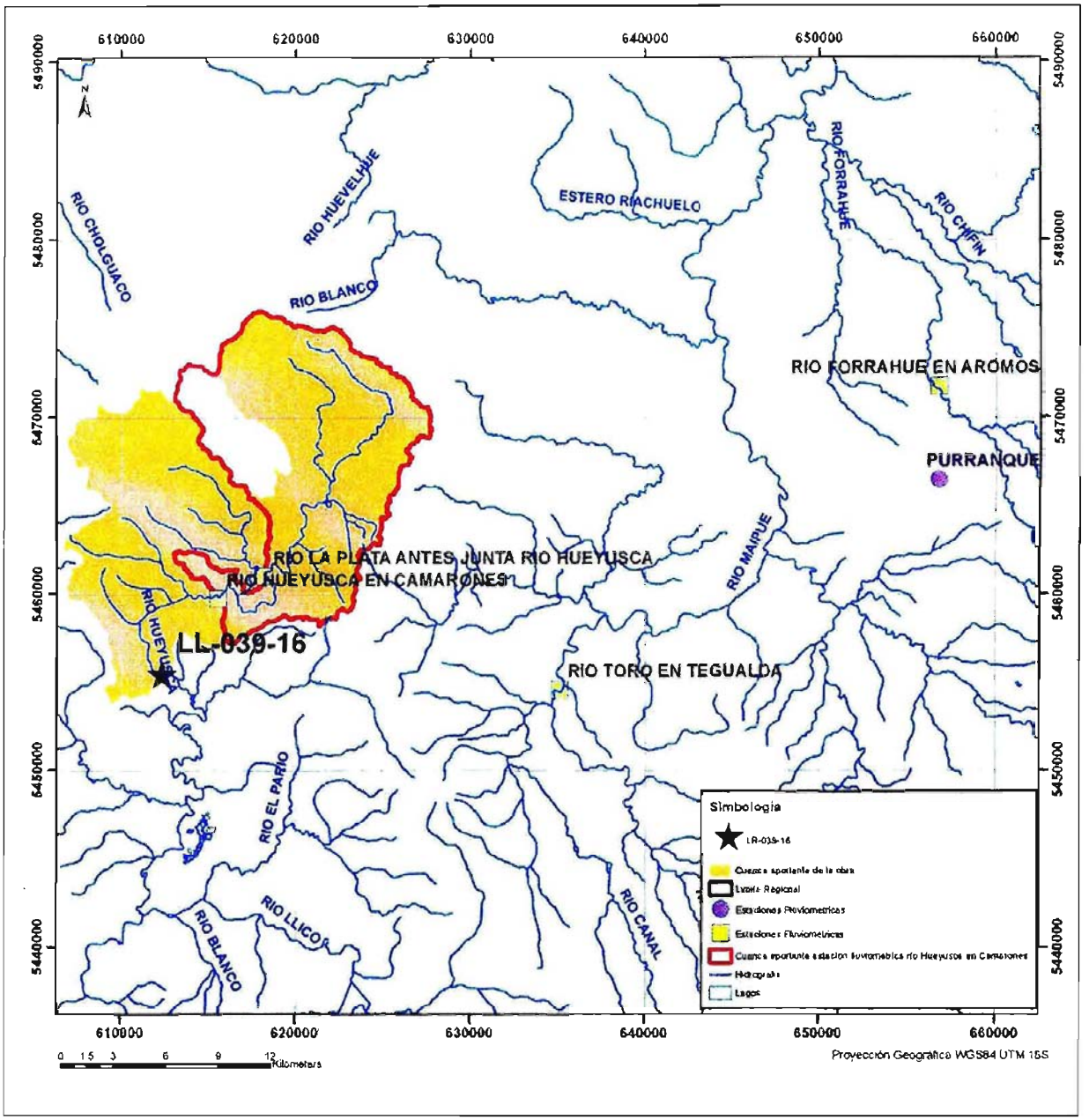
3.4 RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.818 mm y un caudal medio de 25,5 m^3/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco. El caudal se determinó mediante trasposición con la estación Río Hueyesca en Camarones.

En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B. Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

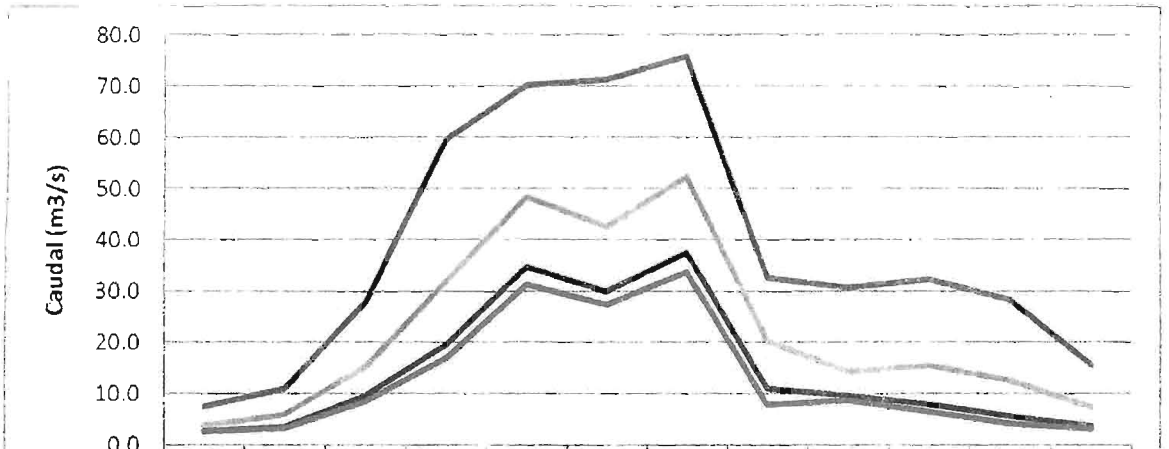
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO HUEYUSCA



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
15%	7.55	11.06	27.87	59.66	70.14	71.16	75.70	32.54	30.64	32.24	28.35	15.69
50%	3.76	5.87	15.21	31.77	48.42	42.54	52.27	20.21	14.20	15.39	12.56	7.45
85%	2.69	3.59	9.63	19.48	34.77	29.92	37.57	11.02	9.55	7.96	5.60	3.82
95%	2.50	3.11	8.46	16.91	31.16	27.28	33.68	7.84	8.73	6.41	4.14	3.06

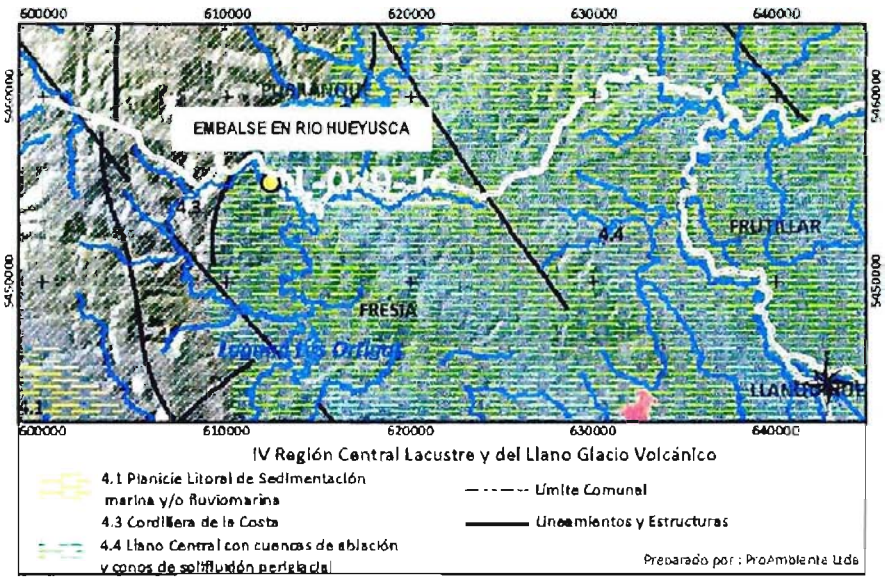
Fuente: Elaboración propia

3.5 ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la Unidad 4.4 del Llano Central con morrenas de ablación y conos de solifluxión Periglacial. Predominio de extensas planicies de relieve suavizados. Lineamientos siguen patrón estructural regional N50-60W; NS y N40-50E correspondiente a la falla Camarones que levanta las unidades paleozoicas con respeto a planicie sedimentaria continental de Cheuquemo y hace de barrera a la parte terminal del embalse. En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL

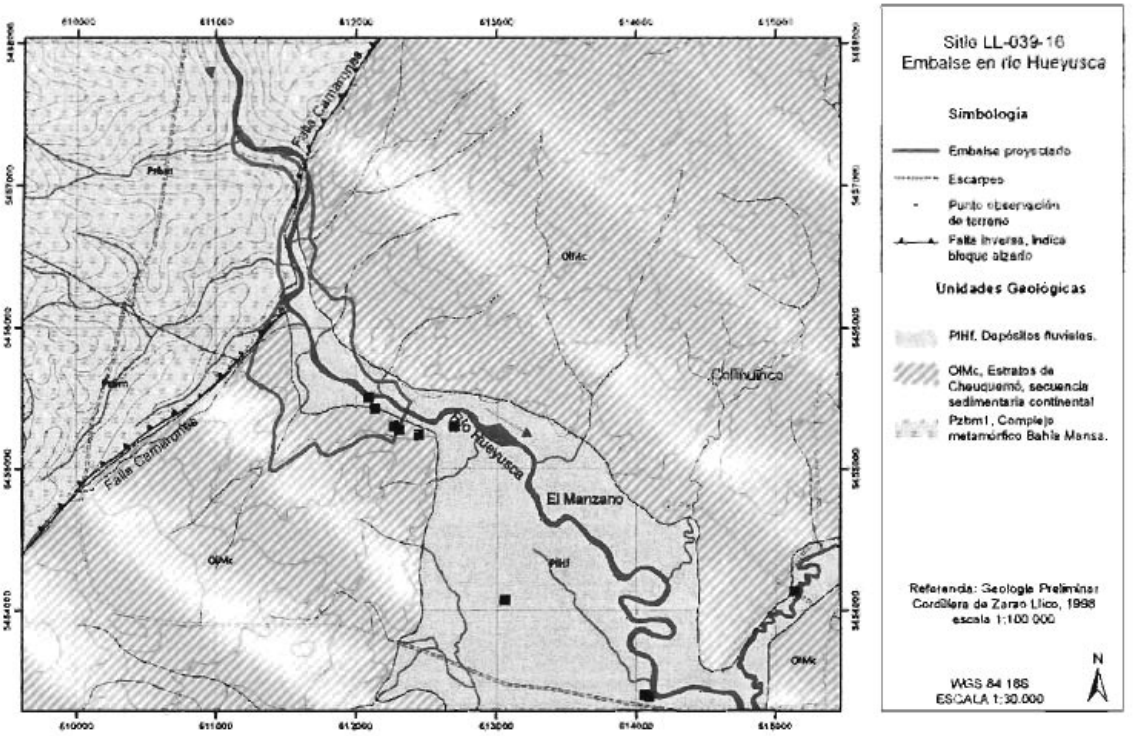


Fuente:Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en los depósitos fluviales (PlHf) del Pleistoceno Superior- Holoceno y rocas de la secuencia sedimentaria continental de Los Estratos de Cheuquemó (OlMc). Los primeros corresponden a gravas bien seleccionadas y redondeadas con matriz de arenas gruesas y medias no consolidadas. Ocupan el valle actual del río. Los segundos conforman un relieve de suave lomaje, observables en cortes del camino con afloramientos de areniscas y lutitas. Se aprecian intemperizadas, plegadas y con intenso fracturamiento con relleno de limonitas. En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA 3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

<table>
<tr>
<td>Vista del cauce del rio Hueyusca en la zona de extracción de áridos. Nótese que también existe actividad apicola</td>
<td>  </td>
<td>  </td>
<td>Foto de la zona del muro, sacada desde arriba. Foto mirando al NE</td>
</tr>
<tr>
<td>Foto tomada hacia la zona del muro, desde el punto de extracción de áridos. Se puede observar depósitos fluviales aterrazados de la Unidad PlHf, que constituirían la base del embalse. Foto tomada hacia el Este.</td>
<td colspan="3">  </td>
</tr>
</table>

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Foto tomada desde la zona de extracción de ándos hacia aguas arriba se observa el área de inundación del embalse. Al fondo pasaria la falla Camarones, falla de carácter Regional de tipo inversa. Foto tomada hacia el Oeste.	

Fuente: Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Material excavable mecánicamente; se observan deslizamientos locales. Los depósitos fluviales de la unidad PlHf constituyen un buen material de empréstito. Los talud en la unidad de roca depende del ángulo del corte.

3.6 ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 3LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 4.600,0 ha, dentro de una envolvente de 231,9 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	0.9	91.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.1	8.7
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	0.0
SUBTOTAL RIEGO	**1.0**	**100.0**
SECANO		
Frutales y viveros	23.0	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	3.003.1	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	59.8	1.3
Cereales y barbecho	69.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	1 430.3	31.1
Forrajeras anuales	13.8	0.3
SUBTOTAL SECANO	**4.599.0**	**100.0**
Subtotal Riego	1.0	0.0
Subtotal Secano	4.599.0	95.2
Infraestructura y Terrenos Estériles	231.9	4.8
TOTAL	**4.831.9**	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 4.600 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 3,0; 3,6 y 5,5 hm³, los que permiten el riego de 2.000, 3.000 y 4.600 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	1.140.0	57.0	1.710.0	57.0	2.622.0	57.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	700.0	35.0	1.050.0	35.0	1.610.0	35.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	160.0	8.0	240.0	8.0	368.0	8.0
SUBTOTAL RIEGO	**2.000.0**	**100.0**	**3.000.0**	**100.0**	**4.600.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	13.0	0.5	8.0	0.5	0.0	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	1.697.8	65.3	1.044.8	65.3	0.0	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	33.8	1.3	20.8	1.3	0.0	1.3
Cereales y barbecho	39.0	1.5	24.0	1.5	0.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	808.6	31.1	497.6	31.1	0.0	31.1
Forrajeras anuales	7.8	0.3	4.8	0.3	0.0	0.3
SUBTOTAL SECANO	**2.600.0**	**100.0**	**1.600.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	2.000.0	41.4	3.000.0	62.1	4.600.0	95.2
Subtotal Secano	2.600.0	53.8	1.600.0	33.1	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	231.9	4.8	231.9	4.8	231.9	4.8
TOTAL	**4.831.9**	**100.0**	**4.831.9**	**100.0**	**4.831.9**	**100.0**

Fuente: Elaboración Propia a partir del Anexo F

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA(m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Elaboración propia a partir del Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \quad \Delta t \qquad (2)$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \quad \Delta t \qquad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \qquad (4)$$

$$V_2 = V_{\text{mínimo embalse}}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \qquad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1 OBRAS CIVILES

4.1 1 Embalse de Regulación

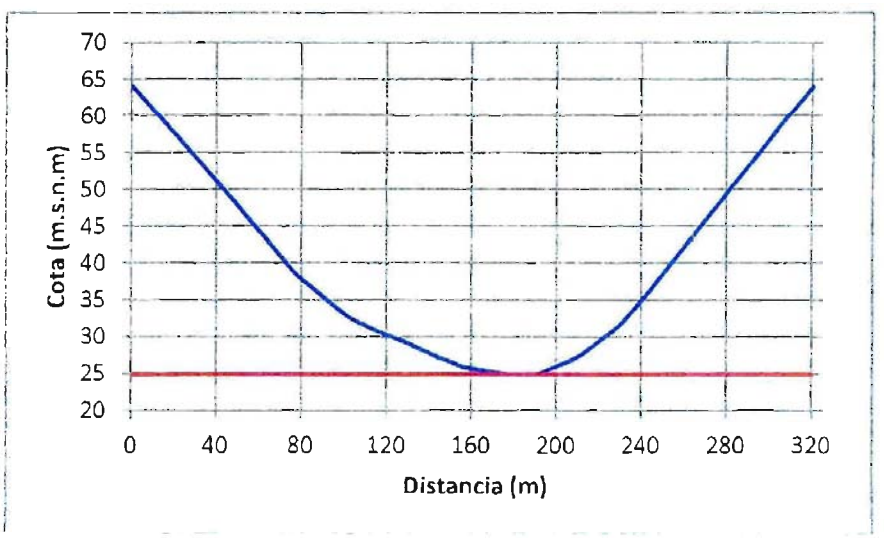
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 3,0; 3,6 y 5,5 hm³

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1 1-1
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



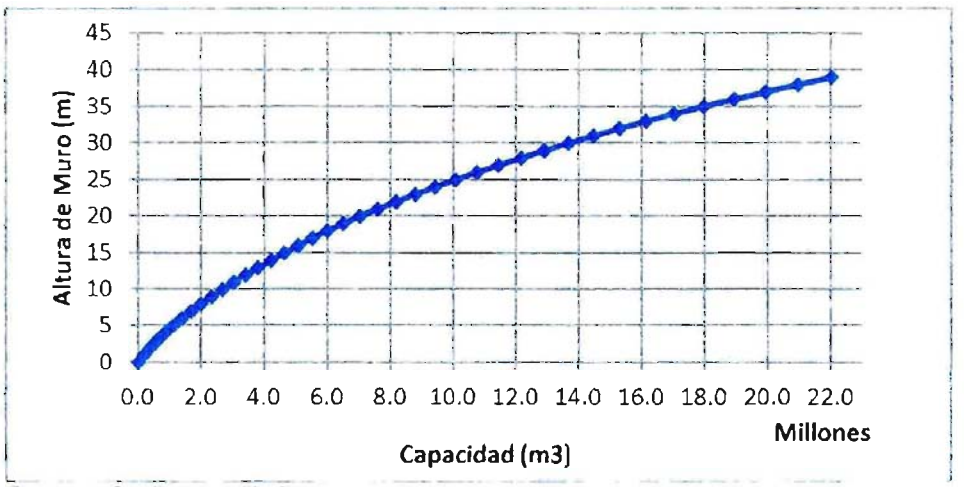
Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar TopographyMission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

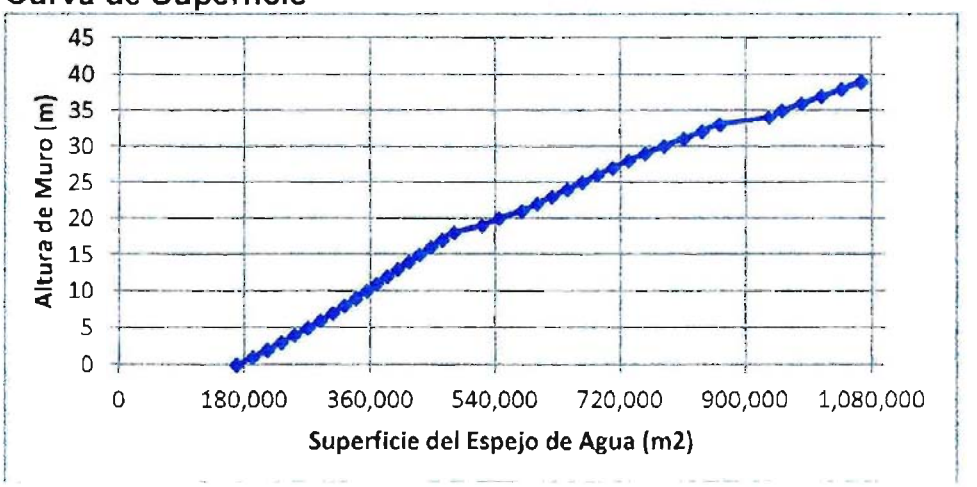
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

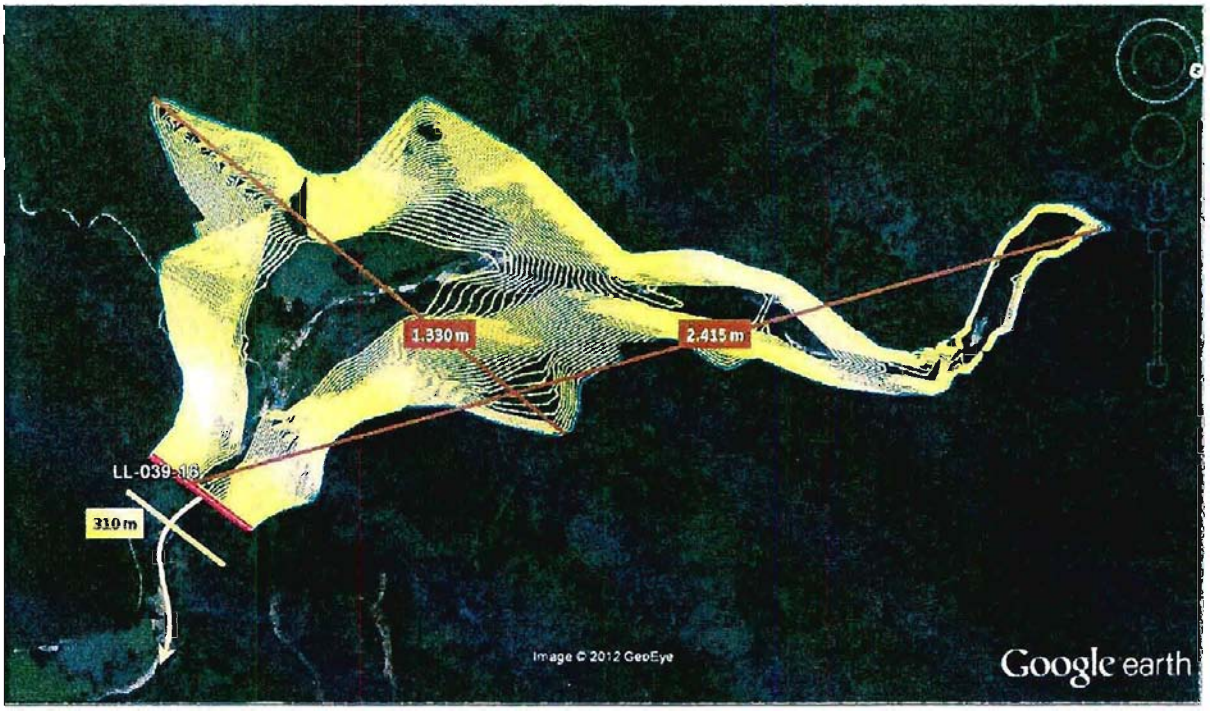


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a quelos cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1 1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

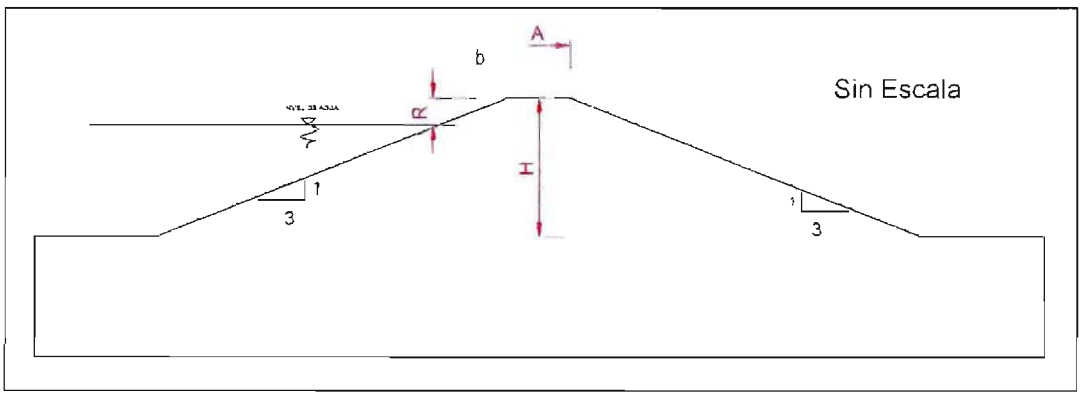
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
3,0	10,7	12,5	37,5	5,5	3,0	2,5
3,6	12,4	14,5	39,5	6,0	3,0	2,5
5,5	17,5	20,5	45,5	7,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

h

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
3,0	1,461
5,5	1,234

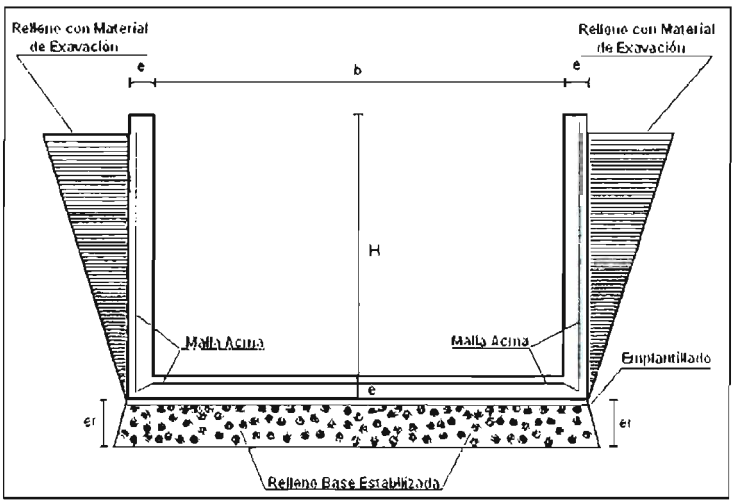
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximos las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

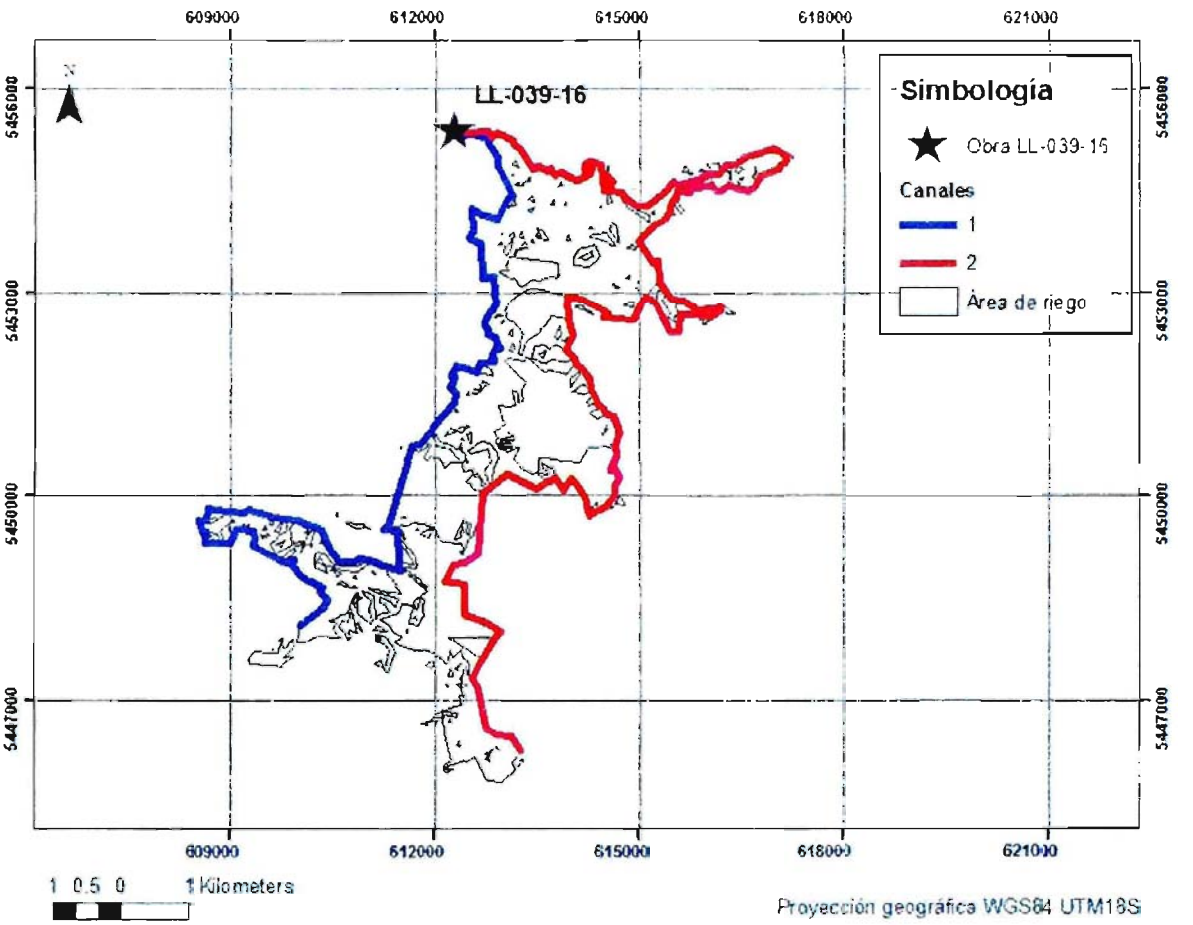
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm^3)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
3,0	1.990	6,9	10,6	0,5	1,0	0,8	15	15
3,6	3.000	12,9	13,4	1,5	1,2	1,0	15	15
5,5	4.600	16,5	26,6	2,3	1,4	1,4	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1 A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 42,6 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

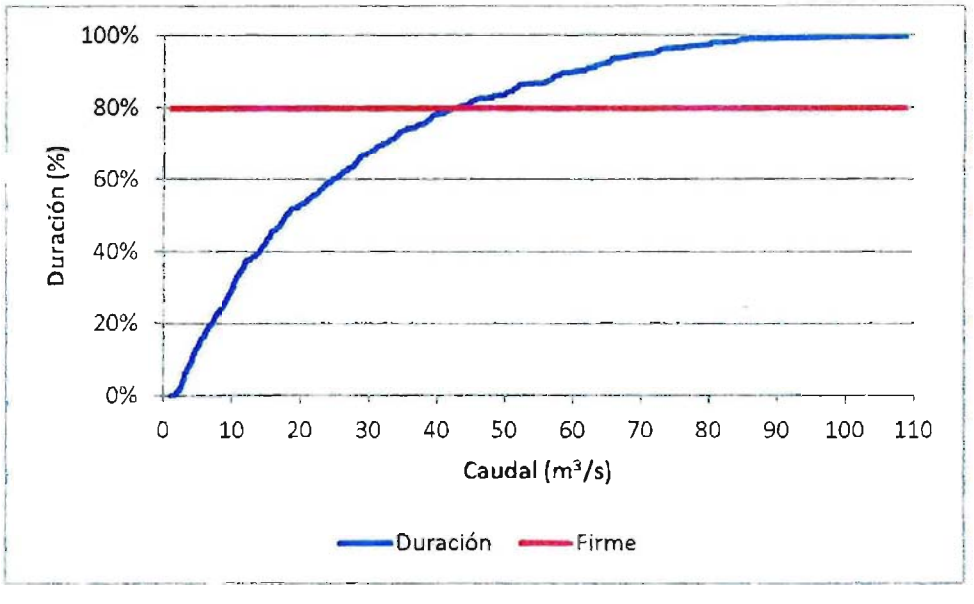
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.Nótese que a mayor volumen de regulación menor es la energía generable. Nótese que la energía generable disminuye a mayores volúmenes de embalse dado quemás agua es almacenada antes de liberarse.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
3,0	10,7	3.520	15.185,7
3,6	12,4	4.076	17.598,7
5,5	17,5	5.730	24.903,2

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. Embalse de Regulación

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 3,0 hm³ / h= 12,5 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	12.541	1.500	1.320	18.811.500	16.554.120
m³	Excavaciones	3.751	5.000	4.800	18.755.000	18.004.800
m³	Relleno de la presa	48.098	4.000	3.840	192.392.000	184.696.320
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.268	50.000	48.000	113.400.000	108.864.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	5.443	3.500	3.430	19.050.500	18.669.490
Total Muro					**362.409.000**	**346.788.730**
Volumen = 3,6 hm³ / h=14,5 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	14.841	1.500	1.320	22.261.500	19.590.120
m³	Excavaciones	5.060	5.000	4.800	25.300.000	24.288.000
m³	Relleno de la presa	76.397	4.000	3.840	305.588.000	293.364.480
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	3.001	50.000	48.000	150.050.000	144.048.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	7.203	3.500	3.430	25.210.500	24.706.290
Total Muro					**528.410.000**	**505.996.890**
Volumen = 5,5 hm³ / h=20,5 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	21.743	1.500	1.320	32.614.500	28.700.760
m³	Excavaciones	8.986	5.000	4.800	44.930.000	43.132.800
m³	Relleno de la presa	161.292	4.000	3.840	645.168.000	619.361.280
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	5.202	50.000	48.000	260.100.000	249.696.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	12.486	3.500	3.430	43.701.000	42.826.980
Total Muro					**1.026.513.500**	**983.717.820**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. Sistema de Distribución

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Muro 1= 3,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	3.017	12.594	11.335	37.996.098	34.196.488
m³	Hormigón H-30	7.219	99.523	94.547	718.431.656	682.510.073
m²	Malla Acma C-295	48.125	7.877	7.719	379.080.625	371.499.013
m²	Moldajes 3 usos	20.417	8.834	7.951	180.360.833	162.324.750
m²	Aplicación Antisol	17.500	255	230	4.462.500	4.016.250
m	Juntas de dilatación	9.100	5.994	5.395	54.545.400	49.090.860
Total Sistema Distribución					**1.374.877.113**	**1.303.637.434**
Muro 1= 3,6 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	5.402	12.594	11.335	68.032.788	61.229.509
m³	Hormigón H-30	13.216	99.523	94.547	1.315.271.087	1.249.507.533
m²	Malla Acma C-295	88.105	7.877	7.719	694.003.085	680.123.023
m²	Moldajes 3 usos	37.697	8.834	7.951	333.012.353	299.711.118
m²	Aplicación Antisol	31.560	255	230	8.047.800	7.243.020
m	Juntas de dilatación	16.832	5.994	5.395	100.891.008	90.801.907
Total Sistema Distribución					**2.519.258.122**	**2.388.616.111**
Muro 3= 5,5 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	10.276	12.594	11.335	129.415.944	116.474.350
m³	Hormigón H-30	28.123	99.523	94.547	2.798.860.448	2.658.917.426
m²	Malla Acma C-295	187.485	7.877	7.719	1.476.819.345	1.447.282.958
m²	Moldajes 3 usos	84.763	8.834	7.951	748.799.287	673.919.358
m²	Aplicación Antisol	60.340	255	230	15.386.700	13.848.030
m	Juntas de dilatación	36.204	5.994	5.395	217.006.776	195.306.098
Total Sistema Distribución					**5.386.288.500**	**5.105.748.220**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
3,0	3.520,0	8.508.016.000	376.591	17.600.000
3,6	4.076,0	9.851.895.800	436.075	20.380.000
5,5	5.730,0	13.849.696.500	613.030	28.650.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo E. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
3,0	43,0	194.293.006,0
3,6	46,8	211.463.086,0
5,5	56,5	255.291.973,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 3,0 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	362.409.000	346.788.730
Obra de Desvío	36.240.900	34.678.873
Obra de Toma	18.120.450	17.339.437
Vertedero	126.843.150	121.376.056
Sistema de Distribución	1 374.877.113	1.303.637.434
Caminos de Acceso	36.240.900	34.678.873
TOTAL COSTO DIRECTO	**1.964.731.513**	**1.868.499.402**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**1.178.838.908**	**1.121.099.641**
Minicentral Hidroeléctrica	8.508.016.000	8.508.016.000
TOTAL COSTO DIRECTO	**8.508.016.000**	**8.508.016.000**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**2.977.805.600**	**2.977.805.600**
EXPROPIACIONES	**194.293.006**	**194.293.006**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**14.823.685.026**	**14.669.713.649**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**656.170**	**649.355**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**30.664.829**	**30.346.318**

Volumen = 3,6 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	528.410.000	505.996.890
Obra de Desvío	52.841.000	50.599.689
Obra de Toma	26.420.500	25.299.845
Vertedero	184.943.500	177.098.912
Sistema de Distribución	2.519.258.122	2.388.616.111
Caminos de Acceso	52.841.000	50.599.689
TOTAL COSTO DIRECTO	**3.374.714.122**	**3.208.211.135**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**2.024.828.473**	**1.924.926.681**
Minicentral Hidroeléctrica	9.851.895.800	9.851.895.800
TOTAL COSTO DIRECTO	**9.851.895.800**	**9.851.895.800**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**3.448.163.530**	**3.448.163.530**
EXPROPIACIONES	**211.463.086**	**211.463.086**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**18.911.065.011**	**18.644.660.231**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**837.098**	**825.306**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**39.120.136**	**38.569.041**

Volumen = 5,5 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	1.026.513.500	983.717.820

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	102.651.350	98.371 782
Obra de Toma	51.325.675	49 185.891
Vertedero	359 279.725	344.301.237
Sistema de Distribución	5.386.288.500	5 105 748.220
Caminos de Acceso	102.651.350	98 371.782
TOTAL COSTO DIRECTO	**7.038.710.100**	**6.689.696.732**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**4.223.226.060**	**4.013.818.039**
Minicentral Hidroeléctrica	13.849.696.500	13.849.696.500
TOTAL COSTO DIRECTO	**13.849.696.500**	**13.849.696.500**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**4.847.393.775**	**4.847.393.775**
EXPROPIACIONES	**255.291.973**	**255.291.973**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**30.214.318.408**	**29.655.897.019**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**1.337.437**	**1.312.718**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**62.502.469**	**61.347.297**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros

básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Flujos Alternativas a precios de Mercado ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	131.619.338	131.619.338	0	131.619.338	0	131.619.338	0	131.619.338	0
1	132.393.611	-508.092.910	-640.486.521	-1.873.203.691	-2.005.597.302	-2.559.561.318	-2.691.954.929	-3.657.733.521	-3.790.127.132
2	132.393.611	-508.083.849	-640.477.460	-2.473.840.189	-2.606.233.800	-3.460.770.049	-3.593.163.660	-5.039.857.824	-5.172.251.435
3	132.393.611	-508.068.827	-640.462.437	-3.861.210.724	-3.993.604.335	-5.542.380.968	-5.674.774.579	-8.232.253.358	-8.364.646.969
4	132.393.611	-508.067.746	-640.461.357	-1.623.225.389	-1.755.618.999	-2.184.471.550	-2.316.865.160	-3.082.465.407	-3.214.859.018
5	132.393.611	-613.606.689	-746.000.299	-1.185.233.032	-1.317.626.643	-1.474.482.697	-1.606.876.308	-1.937.282.161	-2.069.675.772
6	109.560.341	-931.627.238	-1.041.187.579	684.890.580	575.330.239	1.495.907.791	1.386.347.451	2.793.535.329	2.683.974.988
7	123.402.819	-182.403.639	-305.806.458	3.239.529.667	3.116.126.849	4.952.118.003	4.828.715.185	7.692.259.340	7.568.856.522
8	122.838.327	-182.583.593	-305.421.920	4.936.700.357	4.813.862.030	7.498.750.923	7.375.912.596	11.598.031.828	11.475.193.501
9	124.060.367	-182.317.917	-306.378.284	6.050.207.467	5.926.147.100	9.168.792.557	9.044.732.190	14.158.528.700	14.034.468.333
10	126.196.402	-179.196.761	-305.393.163	7.150.158.664	7.023.962.262	10.816.839.170	10.690.642.768	16.683.527.980	16.557.331.577
11	130.060.272	-176.194.750	-306.255.022	7.756.890.120	7.626.829.848	11.724.758.630	11.594.698.358	18.073.348.246	17.943.287.974
12	130.623.637	-176.195.452	-306.819.089	7.757.579.689	7.626.956.052	11.725.448.199	11.594.824.562	18.074.037.815	17.943.414.178
13	131.619.338	-176.196.073	-307.815.411	7.758.757.522	7.627.138.184	11.726.626.032	11.595.006.694	18.075.215.648	17.943.596.310
14	132.393.611	-176.197.188	-308.590.799	5.075.252.041	4.942.858.430	7.699.808.508	7.567.414.897	11.899.098.855	11.766.705.244
15	132.393.611	-176.196.108	-308.589.719	1.976.573.647	1.844.180.036	3.050.549.092	2.918.155.481	4.768.909.804	4.636.516.193
16	132.393.611	-176.195.974	-308.589.585	-3.395.682.235	-3.528.075.846	-5.009.987.714	-5.142.381.325	-7.592.876.480	-7.725.270.091
17	119.249.709	-192.341.524	-311.591.233	-898.955.511	-1.018.205.221	-1.255.818.672	-1.375.068.381	-1.826.799.729	-1.946.049.438
18	129.187.059	-182.403.639	-311.590.698	-249.285.646	-378.472.705	-286.025.519	-415.212.578	-344.809.316	-473.996.375
19	119.317.409	-182.583.593	-301.901.003	1.429.692.358	1.310.374.949	2.238.588.006	2.119.270.597	3.532.821.043	3.413.503.634
20	123.488.214	-182.317.917	-305.806.131	3.239.577.945	3.116.089.731	4.952.147.713	4.828.659.498	7.692.259.340	7.568.771.126
21	123.967.998	-179.196.761	-303.164.758	4.938.615.070	4.814.647.072	7.499.929.208	7.375.961.210	11.598.031.828	11.474.063.831
22	127.181.523	-176.194.750	-303.376.273	6.053.669.141	5.926.487.617	9.170.922.817	9.043.741.294	14.158.528.700	14.031.347.177
23	128.453.565	-176.195.452	-304.649.016	7.151.855.822	7.023.402.257	10.817.883.575	10.689.430.010	16.683.527.980	16.555.074.415
24	130.060.272	-176.196.073	-306.256.345	7.756.890.120	7.626.829.848	11.724.758.630	11.594.698.358	18.073.348.246	17.943.287.974
25	130.623.637	-176.197.188	-306.820.825	7.757.579.689	7.626.956.052	11.725.448.199	11.594.824.562	18.074.037.815	17.943.414.178
26	131.619.338	-176.196.108	-307.815.445	7.758.757.522	7.627.138.184	11.726.626.032	11.595.006.694	18.075.215.648	17.943.596.310
27	132.393.611	-176.195.974	-308.589.585	5.075.252.041	4.942.858.430	7.699.808.508	7.567.414.897	11.899.098.855	11.766.705.244
28	119.249.709	-192.341.524	-311.591.233	1.967.445.712	1.848.196.003	3.044.931.901	2.925.682.192	4.768.909.804	4.649.660.094
29	129.187.059	-182.403.639	-311.590.698	-3.399.192.186	-3.528.379.244	-5.012.147.684	-5.141.334.742	-7.592.876.480	-7.722.063.539
30	129.006.778	-182.583.593	-311.590.371	-893.439.447	-1.022.446.225	-1.252.424.171	-1.381.430.949	-1.826.799.729	-1.955.806.507

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Flujos Alternativas a Precios Sociales ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	224.407.562	224.407.562	0	224.407.562	0	224.407.562	0	224.407.562	0
1	225.414.414	-398.146.224	-623.560.638	-1.742.128.067	-1.967.542.481	-2.418.012.404	-2.643.426.818	-3.499.427.342	-3.724.841.756
2	225.414.414	-398.134.851	-623.549.265	-2.294.508.897	-2.519.923.312	-3.247.417.943	-3.472.832.357	-4.772.072.415	-4.997.486.830
3	225.414.414	-398.115.961	-623.530.375	-3.544.200.067	-3.769.614.482	-5.122.461.240	-5.347.875.655	-7.647.679.117	-7.873.093.531
4	225.414.414	-398.115.021	-623.529.435	-1.250.040.374	-1.475.454.788	-1.680.267.773	-1.905.682.187	-2.368.631.611	-2.594.046.025
5	225.414.414	-503.653.924	-729.068.338	-535.767.280	-761.181.694	-555.747.092	-781.161.506	-587.714.791	-813.129.206
6	202.183.744	-805.528.500	-1.007.712.244	1.622.799.857	1.420.616.113	2.833.962.459	2.631.778.715	4.771.822.621	4.569.638.877
7	214.405.666	-81.739.003	-296.144.669	4.364.143.284	4.149.737.617	6.590.881.179	6.376.475.513	10.153.661.812	9.939.256.145
8	214.133.298	-73.276.215	-287.409.513	6.263.301.936	6.049.168.638	9.434.354.542	9.220.221.244	14.508.038.712	14.293.905.413
9	215.984.116	-73.387.989	-289.372.104	7.583.962.663	7.367.978.548	11.415.930.126	11.199.946.010	17.547.078.065	17.331.093.950
10	218.450.303	-72.755.157	-291.205.460	8.869.979.266	8.651.528.963	13.344.496.093	13.126.045.790	20.503.723.016	20.285.272.713
11	222.524.931	-69.457.363	-291.982.295	9.616.160.266	9.393.635.335	14.461.559.276	14.239.034.345	22.214.197.692	21.991.672.761
12	223.238.823	-66.242.542	-289.481.365	9.619.970.746	9.396.731.924	14.464.670.584	14.241.431.761	22.216.190.323	21.992.951.501
13	224.407.562	-66.243.185	-290.650.747	9.620.804.986	9.396.397.424	14.465.504.823	14.241.097.261	22.217.024.563	21.992.617.001
14	225.414.414	-66.244.600	-291.659.014	6.634.968.229	6.409.553.815	9.984.880.247	9.759.465.833	15.344.739.475	15.119.325.061
15	225.414.414	-66.243.520	-291.657.934	3.048.805.291	2.823.390.877	4.603.602.963	4.378.188.549	7.091.279.237	6.865.864.823
16	225.414.414	-66.243.387	-291.657.801	-3.078.671.578	-3.304.085.992	-4.590.067.987	-4.815.482.401	-7.008.302.240	-7.233.716.654
17	213.133.124	-66.243.024	-279.376.148	-516.642.562	-729.775.686	-745.997.704	-959.130.828	-1.112.965.932	-1.326.099.056
18	221.595.563	-81.739.274	-303.334.837	394.929.100	173.333.537	629.478.697	407.883.134	1.004.758.054	783.162.491
19	210.534.409	-73.276.509	-283.810.917	2.358.108.771	2.147.574.363	3.570.800.912	3.360.266.503	5.511.108.336	5.300.573.927
20	214.926.724	-73.388.283	-288.315.007	4.368.864.251	4.153.937.527	6.593.786.390	6.378.859.665	10.153.661.812	9.938.735.087
21	215.757.437	-72.755.451	-288.512.887	6.263.596.512	6.047.839.075	9.434.535.819	9.218.778.383	14.508.038.712	14.292.281.275
22	219.281.909	-69.457.657	-288.739.566	7.586.184.804	7.366.902.895	11.417.297.597	11.198.015.688	17.547.078.065	17.327.796.156
23	220.756.790	-66.242.864	-286.999.654	8.873.661.490	8.652.904.700	13.346.762.077	13.126.005.287	20.503.723.016	20.282.966.227
24	222.524.931	-66.243.485	-288.768.417	9.617.978.115	9.395.453.184	14.462.677.953	14.240.153.021	22.214.197.692	21.991.672.761
25	223.238.823	-66.244.600	-289.483.423	9.619.970.746	9.396.731.924	14.464.670.584	14.241.431.761	22.216.190.323	21.992.951.501
26	224.407.562	-66.243.520	-290.651.082	9.620.804.986	9.396.397.424	14.465.504.823	14.241.097.261	22.217.024.563	21.992.617.001
27	225.414.414	-66.243.387	-291.657.801	6.634.968.229	6.409.553.815	9.984.880.247	9.759.465.833	15.344.739.475	15.119.325.061
28	213.133.124	-66.243.024	-279.376.148	3.048.805.291	2.835.672.167	4.603.602.963	4.390.469.839	7.091.279.237	6.878.146.113
29	221.595.563	-81.739.274	-303.334.837	-3.087.432.535	-3.309.028.098	-4.595.459.345	-4.817.054.908	-7.008.302.240	-7.229.897.803
30	221.483.789	-73.276.509	-294.760.297	-520.619.361	-742.103.150	-748.444.965	-969.928.754	-1.112.965.932	-1.334.449.721

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de

seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. A multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
3,0	943.767.040	903.779.149	2.199.803.380	2.085.819.895
3,6	1.368.729.600	1.311.352.038	4.030.812.995	3.821.785.777
5,5	2.643.874.560	2.534.317.619	8.618.061.600	8.169.197.152

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 CostoMCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras-

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
3,0	3.520	11.485.821.600
3,6	4.076	13.300.059.330
5,5	5.730	18.697.090.275

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto es rentable a precios privados y sociales. Por otra parte, para el caso con generación hidroeléctrica, el proyecto incrementa su rentabilidad. La evaluación se presenta en el Anexo E.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
3,00	5.674,7	1,81	16,3%	36.384,1	12,17	20,6%
3,60	9.873,3	1,83	17,0%	56.872,9	11,08	21,2%
5,50	14.068,2	1,25	16,3%	87.127,0	8,14	20,3%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
3,00	-1.149,2	-0,08	11,5%	33.084,8	2,29	14,2%
3,60	1.975,9	0,11	12,6%	53.059,9	2,88	15,5%
5,50	3.025,0	0,10	12,6%	81.867,5	2,78	15,5%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 5,5hm^3, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 4.600 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN RÍO HUEYUSCA
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	**INTRODUCCIÓN**	1
2.	**USO DEL SUELO**	1
3.	**DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA**	2
3.1	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	**ANTECEDENTES ECONÓMICOS**	8
4.1	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1.	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	91,3	57,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	8,7	35,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,5	0,5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	65,3	65,3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1,3	1,3
Cereales y barbecho	1,5	1,5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	31,1	31,1
Forrajeras anuales	0,3	0,3
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
21,8	14,6	17,9	24,5	40,8	64,9	95,7	138,8	143,7	104,8	73,9	37,7	779,1

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	539,8
Praderas artificiales *permanentes*, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	740,3
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	522,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
135,0	126,0	134,0	111,0	101,0	67,0	58,0	43,0	60,0	48,0	45,0	96,0	1.024,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	102,7	90,9	33,7	0,0	0,0	245,9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	88,9	76,5	51,6	25,2	0,0	275,1
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	100,9	54,7	9,7	0,0	261,1

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	207,0	1.141,0	1.010,0	374,0	0,0	0,0	2.732,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	1.185,0	1.020,0	688,0	336,0	0,0	3.668,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.129,0	2.242,0	1.216,0	216,0	0,0	5.803,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1 1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia *técnica* de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1 Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN RÍO HUEYUSCA
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \quad \Delta t + \Delta V \qquad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \qquad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \qquad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 42,6 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

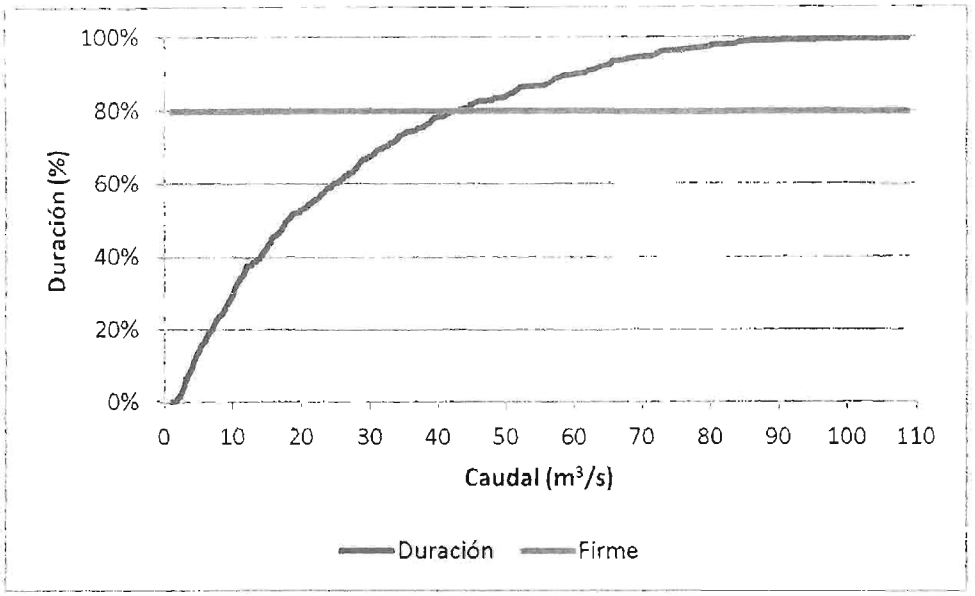
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ N° 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ N° 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ N° 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ N° 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ N° 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ N° 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ N° 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ N° 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ N° 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ N° 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ N° 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ N° 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ N° 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN RÍO HUEYUSCA
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

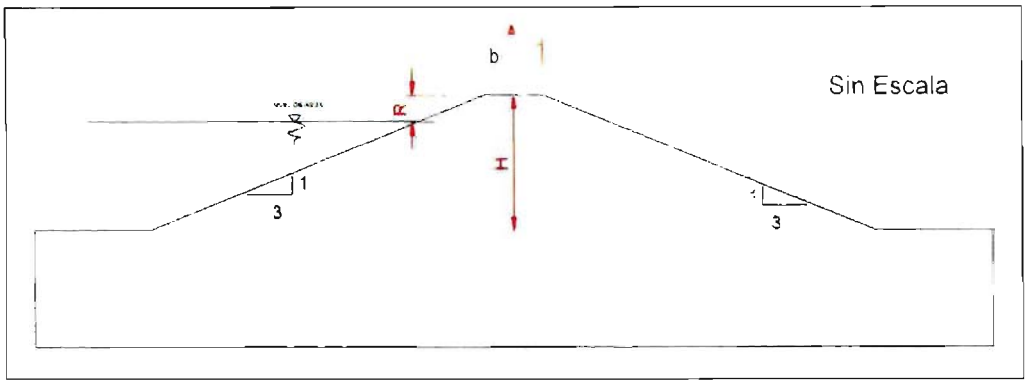
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
3,0	10,7	12,5	37,5	5,5	3,0	2,5
5,5	17,5	20,5	45,5	7,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
3,0	SC-ML	35	2,2	1,8	2,2
5,5	SC-ML	35	2,2	1,8	2,2

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

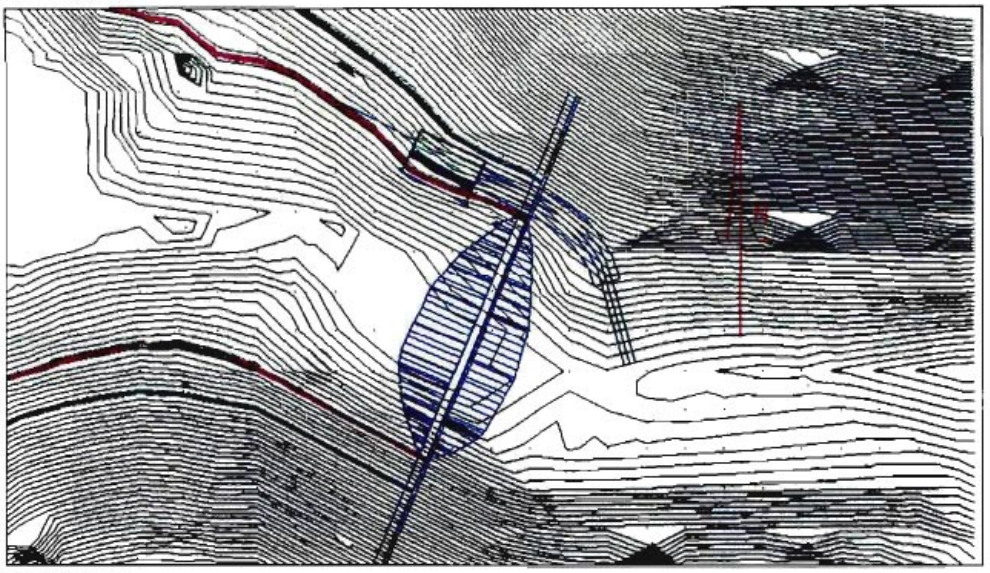
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
3,0	1,461
5,5	1,234

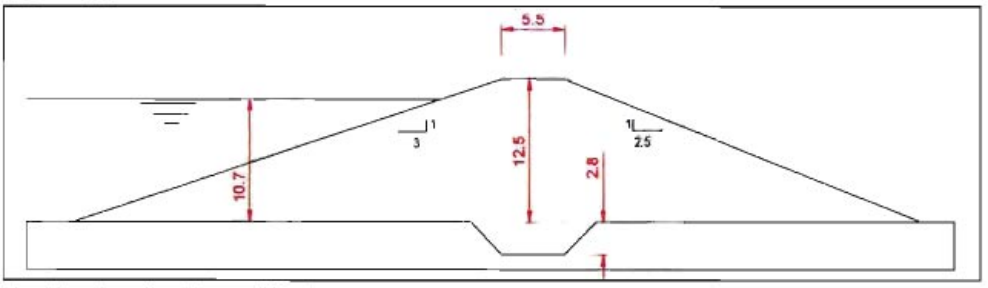
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 3,0 hm^3

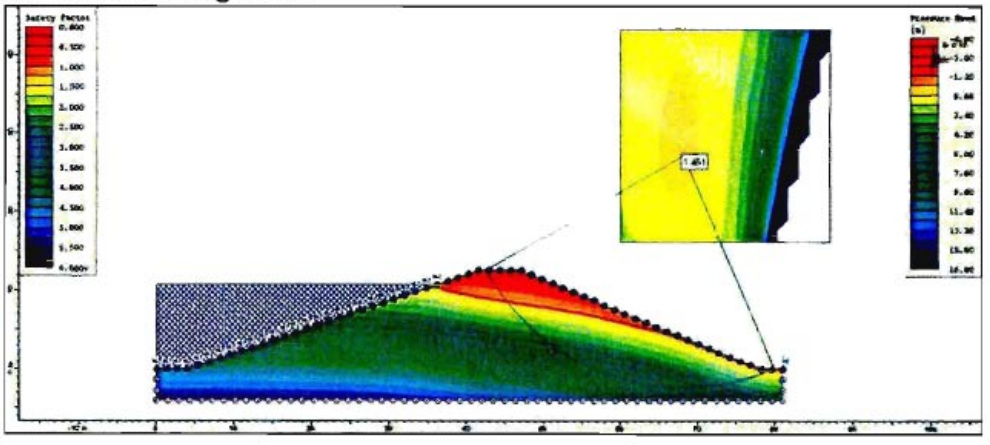
Vista en Planta



Perfil de Presa



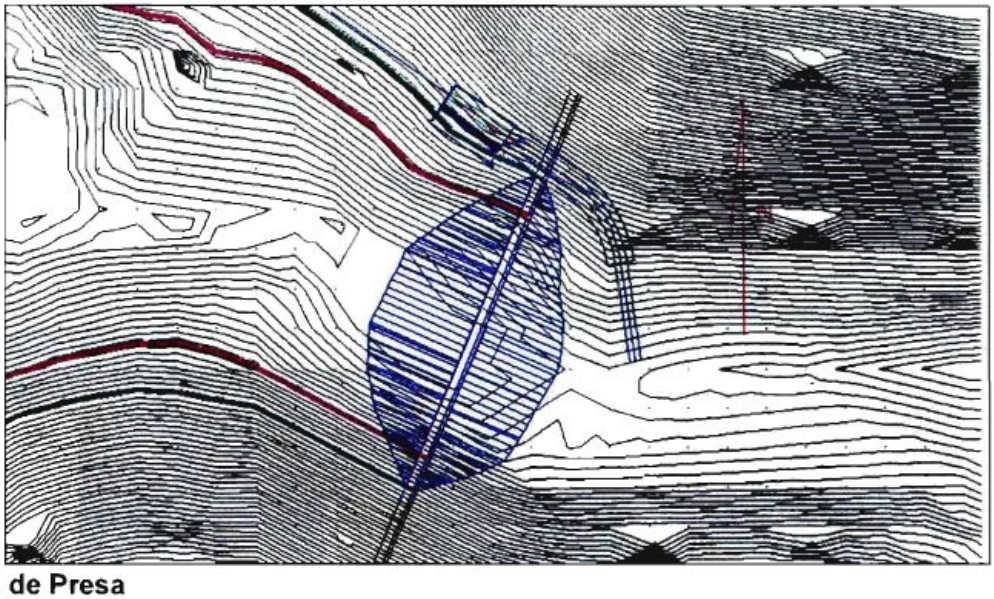
Análisis Factor de Seguridad



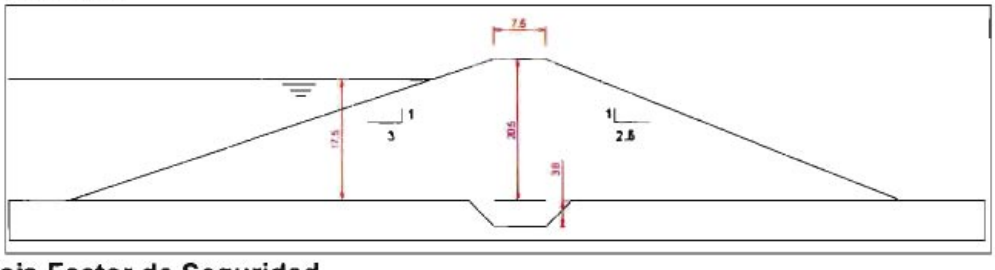
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 5,5 hm^3

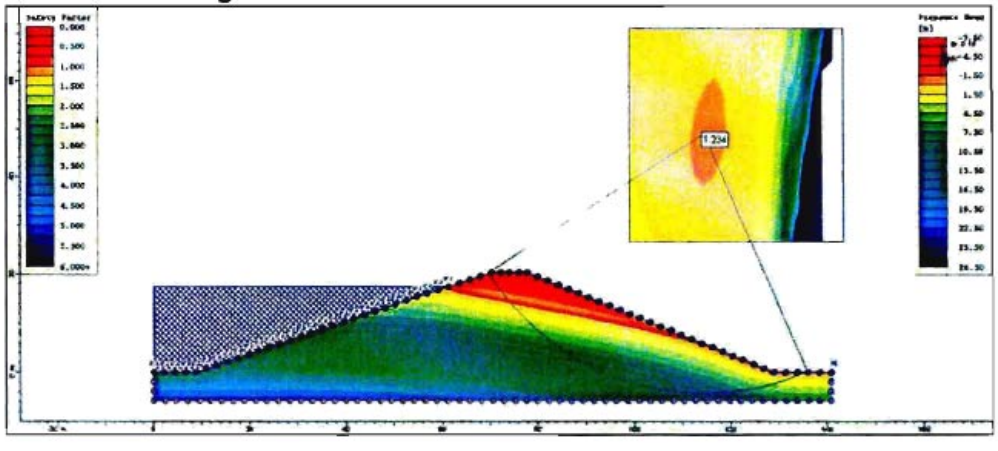
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

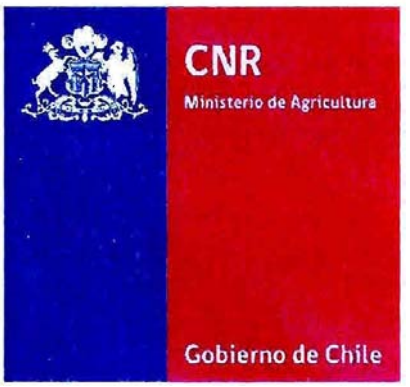
Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #4:

EMBALSE EN ESTERO CURACO



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

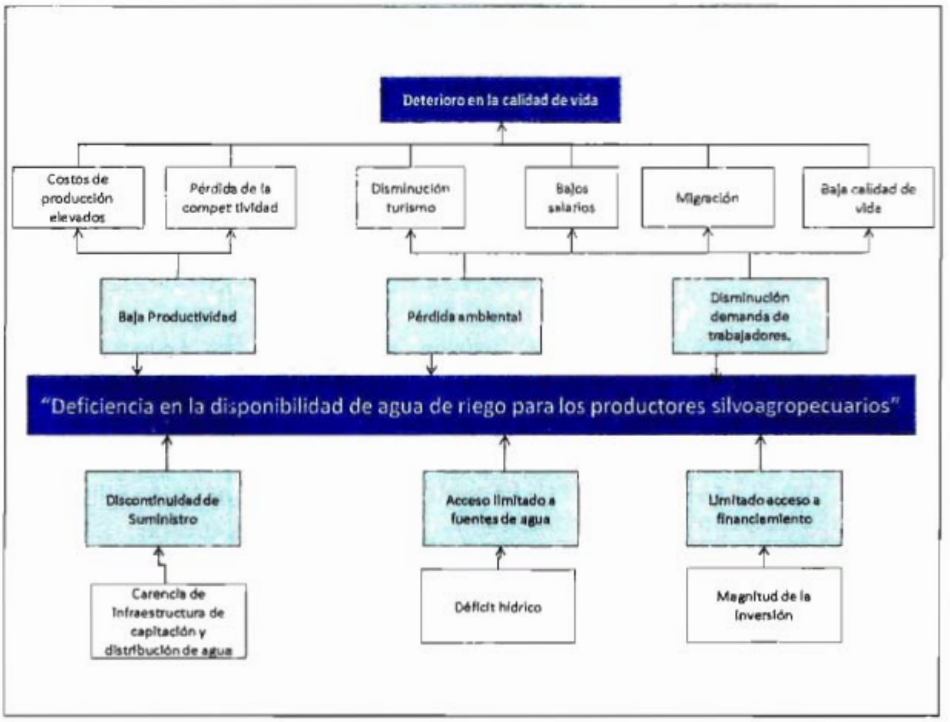
"CONSTRUCCION EMBALSE EN ESTERO CURACO (LL-05)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA	3
3.	DIAGNÓSTICO	3
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	4
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	6
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	7
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	8
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	8
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	9
3.6.3.	Demandas de Agua	10
3.7.	BALANCE HÍDRICO	11
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO	12
4.1.	OBRAS CIVILES	12
4.1.1.	Embalse de Regulación	12
4.1.2.	Sistema de Distribución	16
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	17
5.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	18
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	18
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	18
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	19
5.4.	EXPROPIACIONES	19
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	20
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	21
6.1.	GENERALIDADES	21
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	21
6.3.	BENEFICIOS	22
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	22
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	26
6.4.	COSTOS	27
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	27
6.4.2.	Costos Obras Civiles	28
6.4.3.	Costo MCH	29
6.4.4.	Costos Ambientales	29
6.5.	RESULTADOS	29
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	30

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

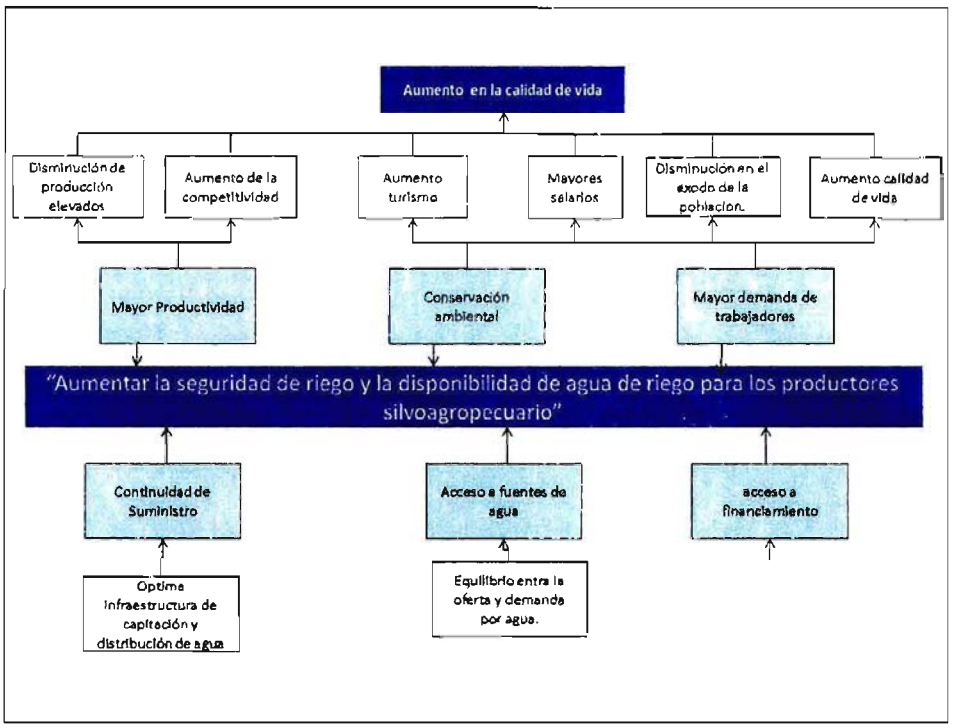


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema" en "Objetivo", los "Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines", obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible.

3. DIAGNÓSTICO

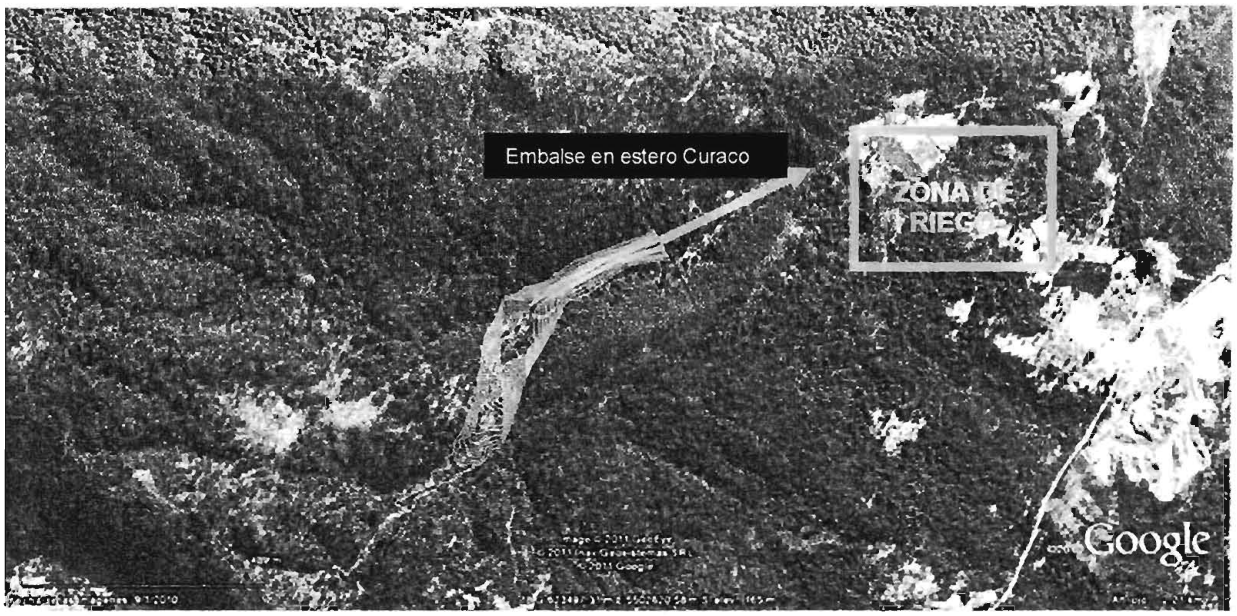
3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Osorno, comuna de San Juan de la Costa en la Región de Los Lagos, Chile central (5.502.735N, 623.590E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

El clima que caracteriza a la comuna es el templado-lluvioso con un régimen de lluvia distribuido en las cuatro estaciones del año, con precipitaciones anuales que superan los 2.500 mm (Dirección Meteorológica de Chile, 2011). (Figura 3.1-1)

La zona de riego se inicia a 400 m aguas abajo de la ubicación de la presa, abarcando manchones de praderas en un sector donde predominan el bosque nativo y las plantaciones forestales, donde el área de riego sería de 120 ha.

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 160 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de San Juan de la Costa y está compuesta por un total de 8.831 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

En cuanto a la composición de la población, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un10,21% de la población vive en la ciudad y el 89,79% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

CUADRO3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Osorno	221.608	50%	50%
Comuna de San Juan de la Costa	8.831	55%	45%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

CUADRO3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

El nivel de pobreza en la comuna de Puerto Montt es de un 15,93%, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

CUADRO3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de San Juan de la Costa	Región	País
Pobre Indigente	1.323	431	168	2,12	2,43	3,74
Pobre no Indigente	2.14	663	799	10,10	11,76	11,38
No Pobre	4.76	6.557	6.944	87,78	85,80	84,88
Total	8.223	7.651	7.911	100	100	100

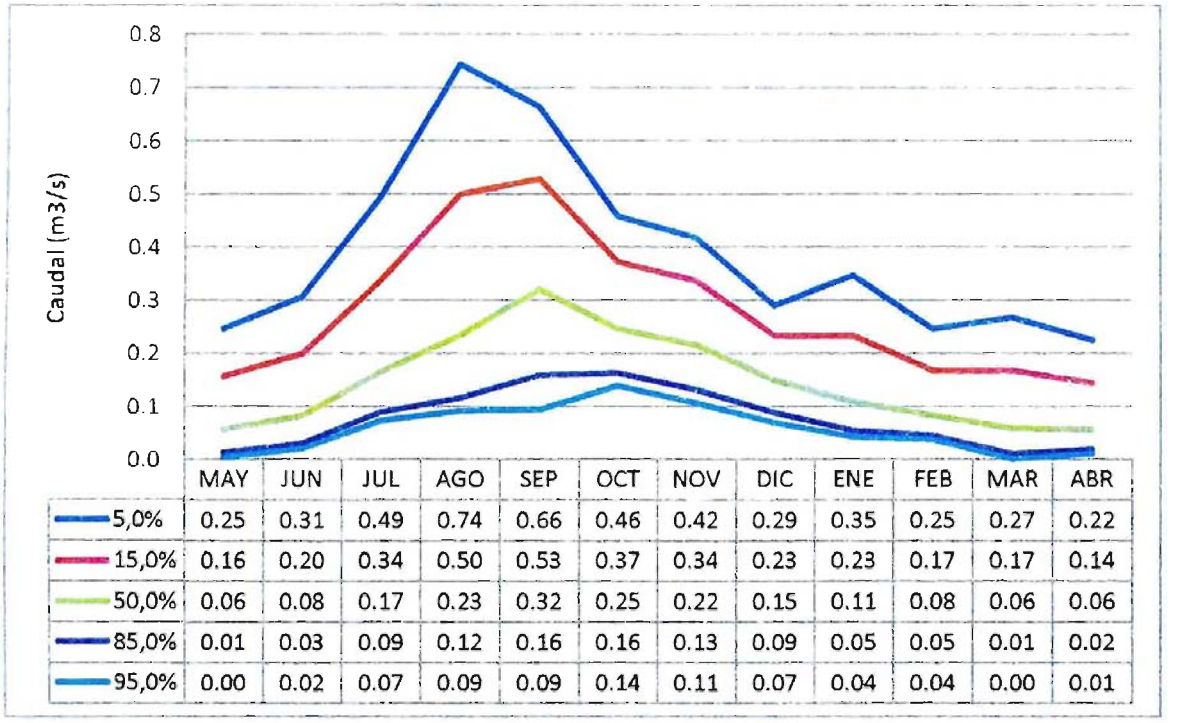
Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.700 mm y un caudal medio superior a los 170 L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Cañal Bajo. Los caudales se generaron con relaciones precipitación-escorrentía, ya que no se cuenta con control fluviométrico. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.

Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-1.

FIGURA 3.4-1
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALESTERO CURACO



	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
5,0%	0.25	0.31	0.49	0.74	0.66	0.46	0.42	0.29	0.35	0.25	0.27	0.22
15,0%	0.16	0.20	0.34	0.50	0.53	0.37	0.34	0.23	0.23	0.17	0.17	0.14
50,0%	0.06	0.08	0.17	0.23	0.32	0.25	0.22	0.15	0.11	0.08	0.06	0.06
85,0%	0.01	0.03	0.09	0.12	0.16	0.16	0.13	0.09	0.05	0.05	0.01	0.02
95,0%	0.00	0.02	0.07	0.09	0.09	0.14	0.11	0.07	0.04	0.04	0.00	0.01

Fuente: Elaboración propia

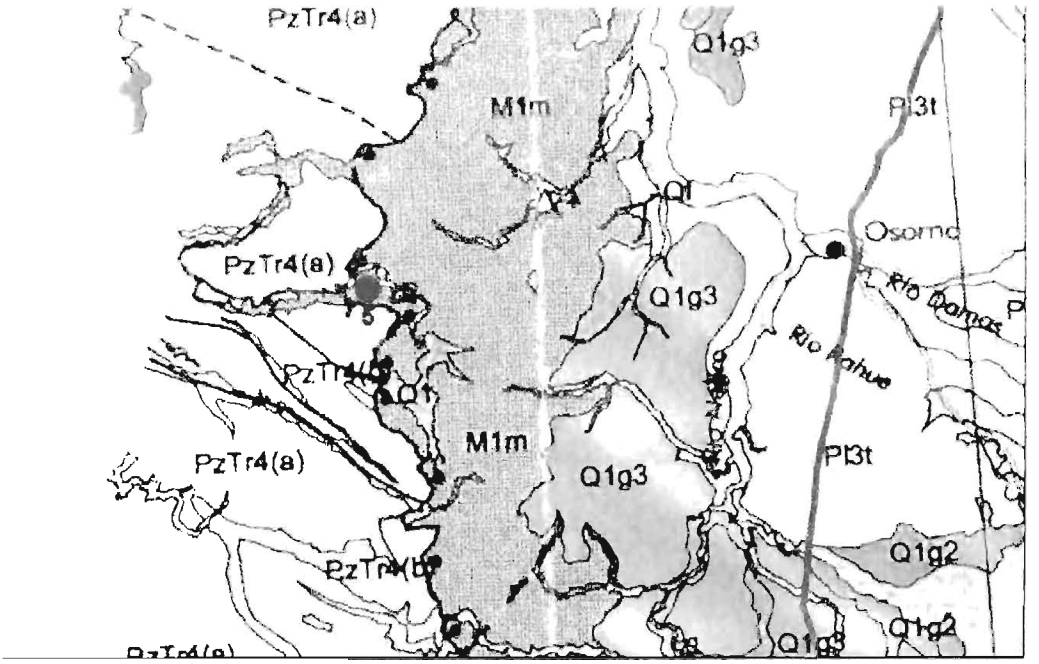
3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

El sitio de embalse Curaco se ubica en la zona denominada **M1m** correspondiente al **Mioceno** con secuencias sedimentarias marinas transgresivas plataformales: areniscas finas, arcillolitas y limolitas. En la costa, región VIII: Fm. Ranquil; en la Depresión Central, región IX: Formación Cholchol.La ubicación del sitio se presenta en la Figura 3.5-1.

De acuerdo a la caracterización geológica cualitativa de las formaciones de cada alternativa, desde el punto de vista de cómo la geología podría incidir en la fundación de la presa y de los canales, se definió esta caracterización cualitativa según los tipos geológicos siguientes:

a) Bueno: Roca de cualquier tipo, graníticas, metamórficas y sedimentarias, inalteradas, con escaso fracturamiento y resistentes.
b) Regular: Roca y/o sedimento moderadamente consolidado, permeabilidad moderada, estable en corte.
c) Mala: Rocas meteorizadas y/o depósitos no consolidados o suelos, baja compacidad, permeables, inestables en corte.

FIGURA 3.5-1
GEOLOGÍA SECTOR CURACO



Fuente: Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2002)
Ubicación del sitio propuesto

En el caso particular del sitio de embalse Curaco se define su caracterización geológica como regular.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 2LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 70 ha, dentro de una envolvente de 3,5 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	0.9	91.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.1	8.7
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	0.0
SUBTOTAL RIEGO	**1.0**	**100.0**
SECANO		
Frutales y viveros	0.4	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	51.6	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1.0	1.3
Cereales y barbecho	1.2	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	24.7	31.3
Forrajeras anuales	0.1	0.1
SUBTOTAL SECANO	**79.0**	**100.0**
Subtotal Riego	1.0	1.2
Subtotal Secano	79.0	94.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	4.0	4.8
TOTAL	**84.0**	**100.0**

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 70 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinó que con un embalse de 0,15 hm^3 es posible regar una superficie de 80 ha.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	45.6	57.0	0.0	57.0	45.6	57.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	28.0	35.0	0.0	35.0	28.0	35.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	6.4	8.0	0.0	8.0	6.4	8.0
SUBTOTAL RIEGO	80.0	100.0		100.0	80.0	100.0
SECANO						
Frutales y viveros	0.0	0.5	0.4	0.5	0.0	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.0	65.3	52.2	65.3	0.0	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	1.3	1.0	1.3	0.0	1.3
Cereales y barbecho	0.0	1.5	1.2	1.5	0.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	0.0	31.3	25.0	31.3	0.0	31.3
Forrajeras anuales	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1
SUBTOTAL SECANO	0.0	100.0	80.0	100.0	0.0	100.0
Subtotal Riego	80.0	95.2	0.0	0.0	80.0	95.2
Subtotal Secano	0.0	0.0	80.0	95.2	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	4.0	4.8	4.0	4.8	4.0	4.8
TOTAL	84.0	100.0	84.0	100.0	84.0	100.0

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(2)}$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$
$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

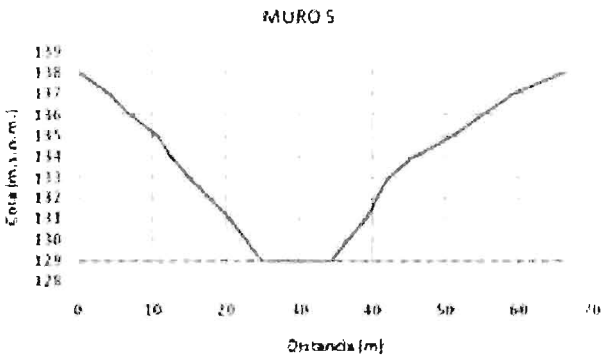
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó un volumen de embalse de 0,15 hm³

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar Topography Mission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

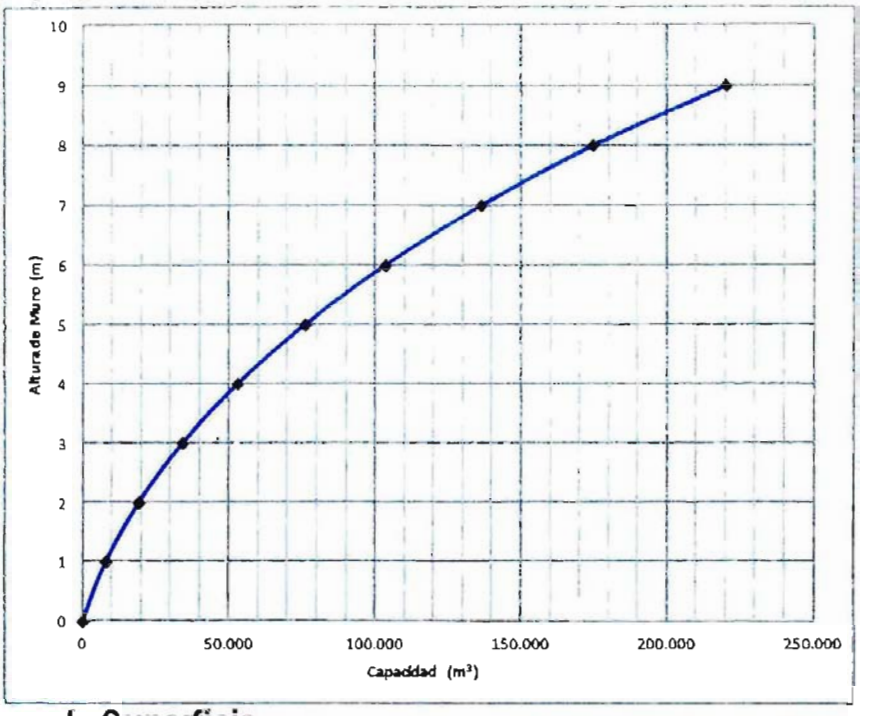
A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

.Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

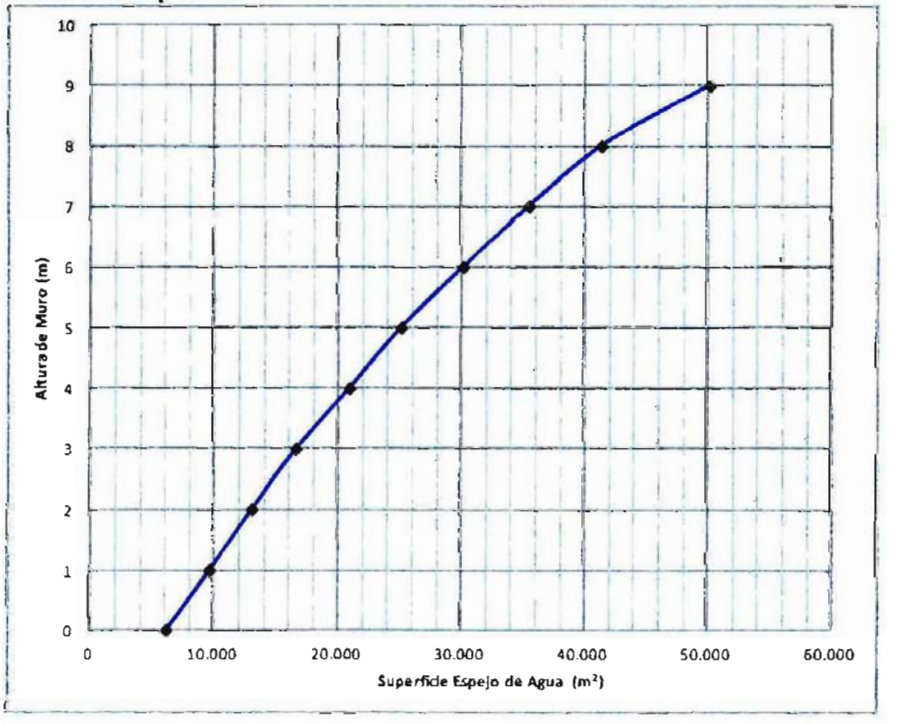
$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen



b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

dónde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

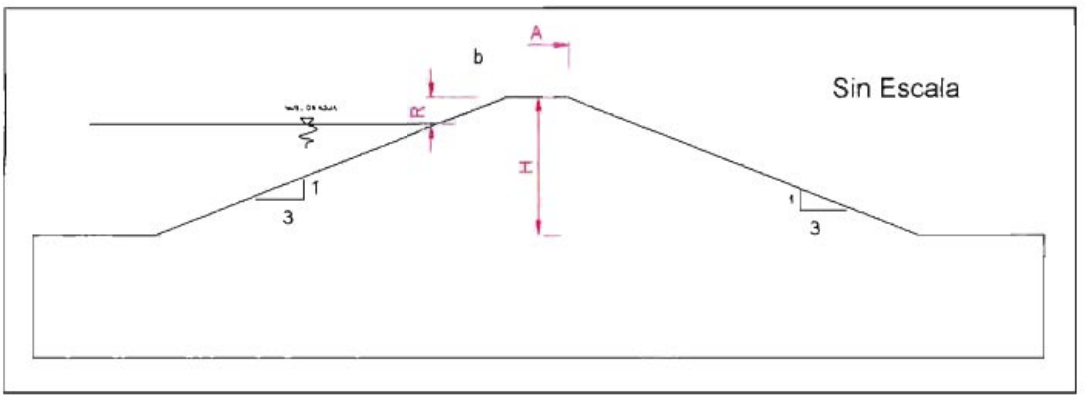
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,15	7,5	9,0	138	5,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-3. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-3
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,15	1,962

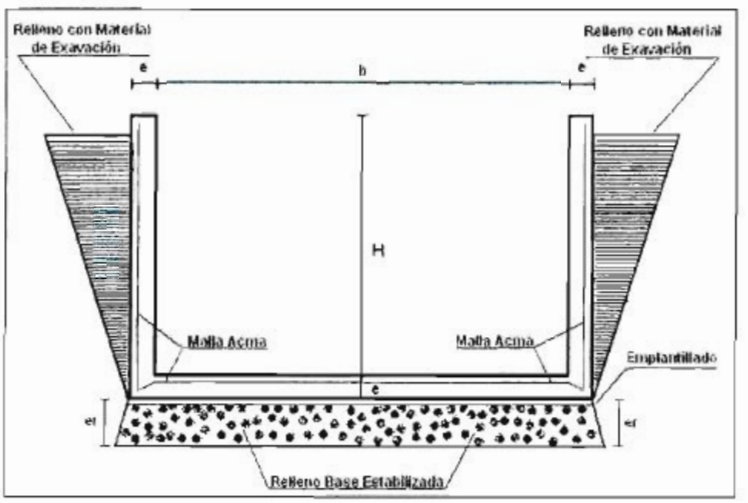
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las caracteristicas de los canales.

CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm³)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
0,15	100	2,3	3,1	0,05	0,3	0,3	15	15

Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 0,3 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T \, g \, Q \, H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

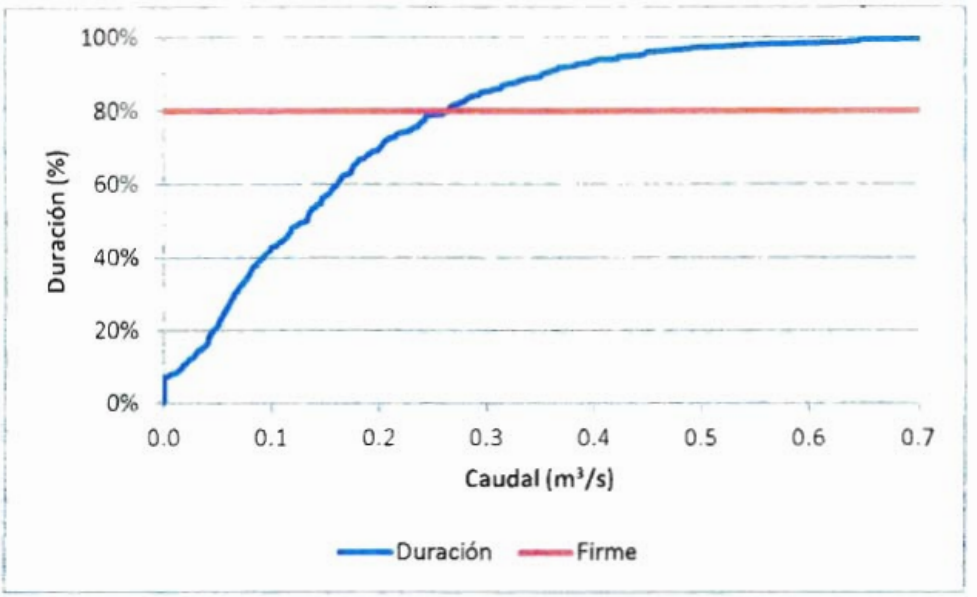
Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
0,15	7,5	15	59,6

Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 0,15 hm³ / h= 9,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	2.980	1.500	1.320	4.470.000	3.933.600
m³	Excavaciones	1.197	5.000	4.800	5.985.000	5.745.600
m³	Relleno de la presa	8.604	4.000	3.840	34.416.000	33.039.360
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	665	50.000	48.000	33.250.000	31.920.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	1.596	3.500	3.430	5.586.000	5.474.280
Total Muro					**83.707.000**	**80.112.840**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Muro 1= 0,15 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	307	12.594	11.335	3.866.358	3.479.722
m³	Hormigón H-30	851	99.523	94.547	84.644.312	80.412.096
m²	Malla Acma C-295	5.670	7.877	7.719	44.662.590	43.769.338
m²	Moldajes 3 usos	2.700	8.834	7.951	23.851.800	21.466.620
m²	Aplicación Antisol	1.620	255	230	413.100	371.790
m	Juntas de dilatación	972	5.994	5.395	5.826.168	5.243.551
Total Sistema Distribución					**163.264.328**	**154.743.118**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta en forma conservadora un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
0,15	15,0	36.255.750	1.605	75.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas

de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo E. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
0,15	14,6	65.969.253,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 0,12 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	83.707.000	80.112.840
Obra de Desvío	8.370.700	8.011.284
Obra de Toma	4.185.350	4.005.642
Vertedero	29.297.450	28.039.494
Sistema de Distribución	163.264.328	154.743.118
Caminos de Acceso	8.370.700	8.011.284
TOTAL COSTO DIRECTO	**307.195.528**	**292.923.662**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**184.317.317**	**175.754.197**
Minicentral Hidroeléctrica	36.255.750	36.255.750
TOTAL COSTO DIRECTO	**36.255.750**	**36.255.750**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**12.689.513**	**12.689.513**
EXPROPIACIONES	**65.969.253**	**65.969.253**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**606.427.360**	**583.592.374**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**26.844**	**25.833**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**1.254.478**	**1.207.241**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.

- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en el Cuadro 6.3.1-4, tanto a precios de mercado y sociales.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS

Año	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	Margen Neto SAO	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SAO	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	6.680.050	6.680.050	0	9.484.616	9.484.616	0
1	7.454.324	-56.166.596	-63.620.920	10.491.468	-53.240.347	-63.731.815
2	7.454.324	-79.704.408	-87.158.732	10.491.468	-73.733.737	-84.225.204
3	7.454.324	-134.133.405	-141.587.728	10.491.468	-122.748.822	-133.240.289
4	7.454.324	-46.402.308	-53.856.632	10.491.468	-32.813.975	-43.305.442
5	7.454.324	-26.939.610	-34.393.934	10.491.468	-2.512.634	-13.004.101
6	-2.460.826	43.165.163	45.625.989	-668.876	88.886.068	89.554.945
7	1.615.002	130.592.471	128.977.468	3.235.972	169.126.947	165.890.975
8	1.227.695	196.972.862	195.745.167	3.073.458	246.884.282	243.810.824
9	2.188.622	241.672.574	239.483.952	4.302.314	298.698.338	294.396.025
10	3.475.505	286.213.029	282.737.524	5.794.223	350.398.198	344.603.975
11	5.120.985	311.713.074	306.592.089	7.601.985	381.244.263	373.642.278
12	5.684.350	312.402.643	306.718.293	8.315.876	383.236.894	374.921.018
13	6.680.050	313.580.476	306.900.426	9.484.616	384.071.134	374.586.518
14	7.454.324	209.234.118	201.779.794	10.491.468	268.226.992	257.735.524
15	7.454.324	87.671.286	80.216.963	10.491.468	128.683.598	118.192.130
16	7.454.324	-123.085.222	-130.539.546	10.491.468	-111.700.639	-122.192.106
17	7.228.542	-24.779.186	-32.007.729	10.280.504	-11.190.853	-21.471.357
18	7.399.243	487.318	-6.911.925	10.425.869	24.914.294	14.488.426
19	-2.293.223	56.022.306	58.315.529	-525.432	101.743.211	102.268.643
20	1.616.469	130.592.471	128.976.001	3.244.923	169.126.947	165.882.024
21	1.247.100	196.972.862	195.725.762	3.101.357	246.884.282	243.782.925
22	2.242.236	241.672.574	239.430.338	4.358.962	298.698.338	294.339.376
23	3.514.277	286.213.029	282.698.752	5.833.843	350.398.198	344.564.355
24	5.120.985	311.713.074	306.592.089	7.601.985	381.244.263	373.642.278
25	5.684.350	312.402.643	306.718.293	8.315.876	383.236.894	374.921.018
26	6.680.050	313.580.476	306.900.426	9.484.616	384.071.134	374.586.518
27	7.454.324	209.234.118	201.779.794	10.491.468	268.226.992	257.735.524
28	7.228.542	87.671.286	80.442.744	10.280.504	128.683.598	118.403.094
29	7.399.243	-123.085.222	-130.484.465	10.425.869	-111.700.639	-122.126.507
30	7.396.146	-24.779.186	-32.175.332	10.423.949	-11.190.853	-21.614.801

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requiereníncluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son: goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
0,15	230.289.920	221.088.870	261.222.924	247.588.988

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 CostoMCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras-

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
0,2	15	48.945.263

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto sólo es rentable a precios sociales. Por otra parte, cuando se incorpora la hidrogeneración la rentabilidad del proyecto se incrementa levemente. La evaluación se presenta en el Anexo E.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,15	-201,8	-0,37	9,7%	1.044,7	2,02	12,7%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,15	-180,2	-0,33	9,9%	1.081,5	2,09	12,9%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 0,15hm^3, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 80 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN ESTERO CURACO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	2
3 1.	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	8
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1.	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	91,3	57,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	8,7	35,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,5	0,5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	65,3	65,3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1,3	1,3
Cereales y barbecho	1,5	1,5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	31,1	31,1
Forrajeras anuales	0,3	0,3
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
21,8	14,6	17,9	24,5	40,8	64,9	95,7	138,8	143,7	104,8	73,9	37,7	779,1

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	539,8
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	740,3
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	522,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
135,0	126,0	134,0	111,0	101,0	67,0	58,0	43,0	60,0	48,0	45,0	96,0	1.024,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	102,7	90,9	33,7	0,0	0,0	245,9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	88,9	76,5	51,6	25,2	0,0	275,1
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	100,9	54,7	9,7	0,0	261,1

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	207,0	1.141,0	1.010,0	374,0	0,0	0,0	2.732,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	1.185,0	1 020,0	688,0	336,0	0,0	3.668,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.129,0	2.242,0	1.216,0	216,0	0,0	5.803,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4 520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579 042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	**-**	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	**-**	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1 Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN ESTERO CURACO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{\text{mínimo embalse}} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 0,3 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

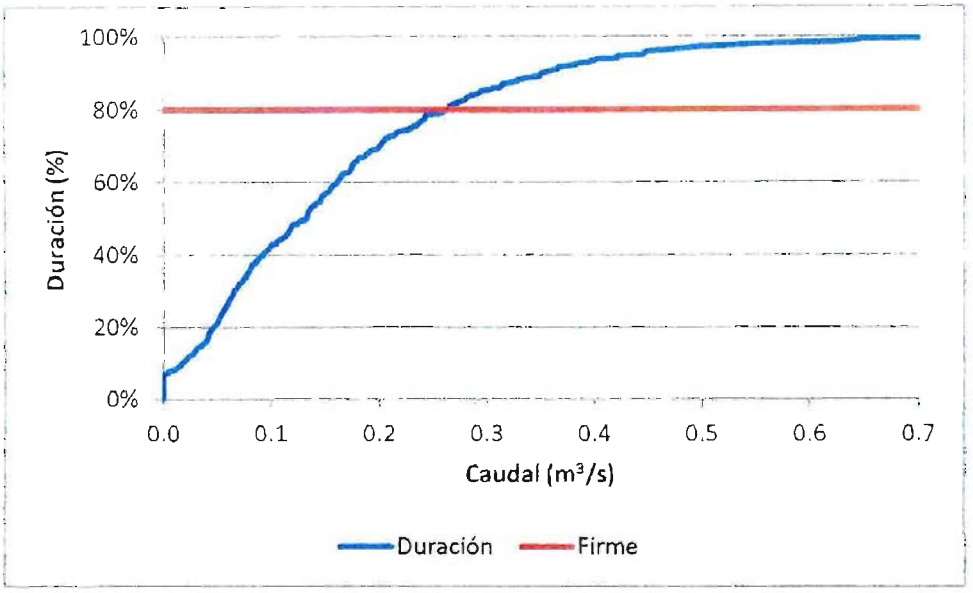
$$P = \eta_T \, g \, Q \, H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN ESTERO CURACO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

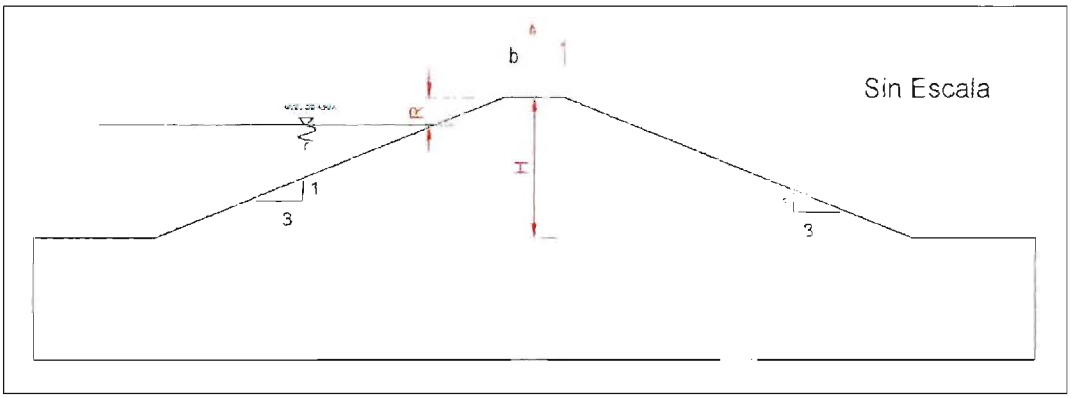
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,15	7,5	9,0	138	5,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
0,15	SC-ML	35	2,2	1,8	2,2

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en la Figura 2 el resultado del análisis.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

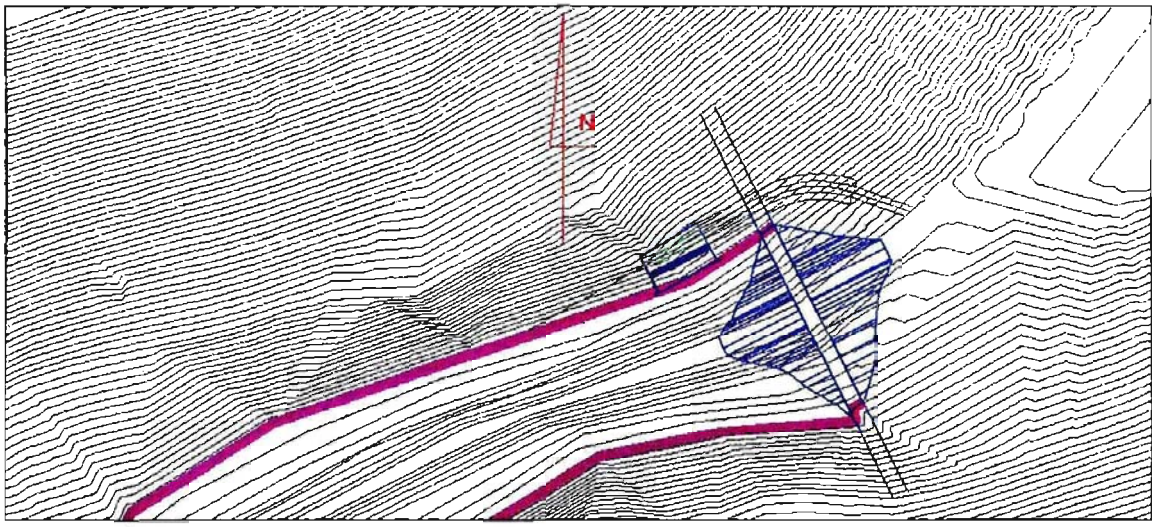
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,15	1,692

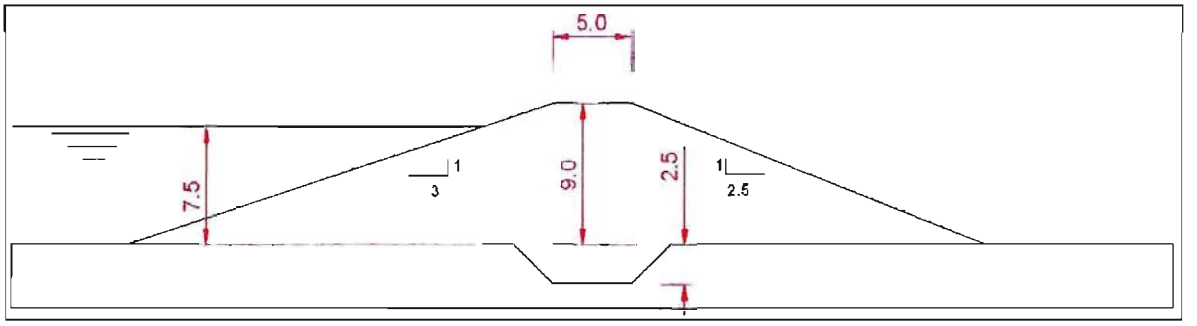
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 0,15 hm^3

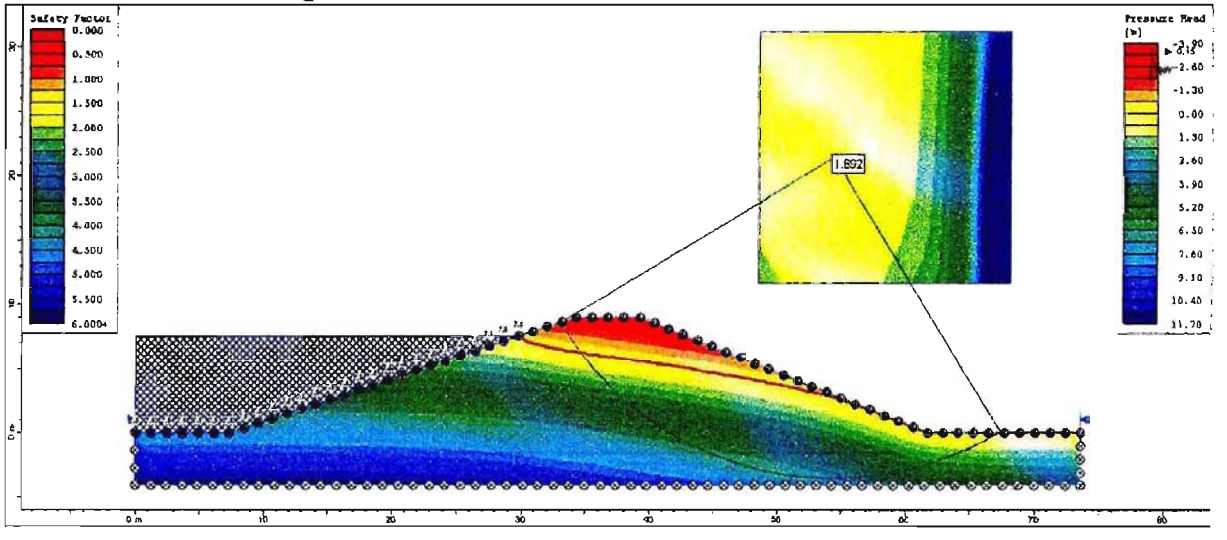
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #5:

EMBALSE EN RÍO PURREHUIN



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN ESTERO PURREHUÍN (LL-03B)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	**INTRODUCCIÓN**	1
2.	**DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**	1
2.1	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA	3
3.	**DIAGNÓSTICO**	3
3.1	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	4
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	5
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	6
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	7
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	8
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	8
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	9
3.6.3.	Demandas de Agua	10
3.7	BALANCE HÍDRICO	11
4.	**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO**	12
4.1.	OBRAS CIVILES	12
4.1.1.	Embalse de Regulación	12
4.1.2.	Sistema de Distribución	16
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	18
5.	**PRESUPUESTO DE LAS OBRAS**	19
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	19
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	19
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	20
5.4.	EXPROPIACIONES	20
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	21
6.	**EVALUACIÓN ECONÓMICA**	22
6.1.	GENERALIDADES	22
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	22
6.3.	BENEFICIOS	23
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	23
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	26
6.4.	COSTOS	27
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	27
6.4.2.	Costos Obras Civiles	28
6.4.3.	Costo MCH	29
6.4.4.	Costos Ambientales	29
6.5.	RESULTADOS	29
7.	**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**	30

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Estero Purrehuín**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Estero Purrehuín comuna de San Juan de La Costa, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del Estero Purrehuín actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Estero Purrehuín.

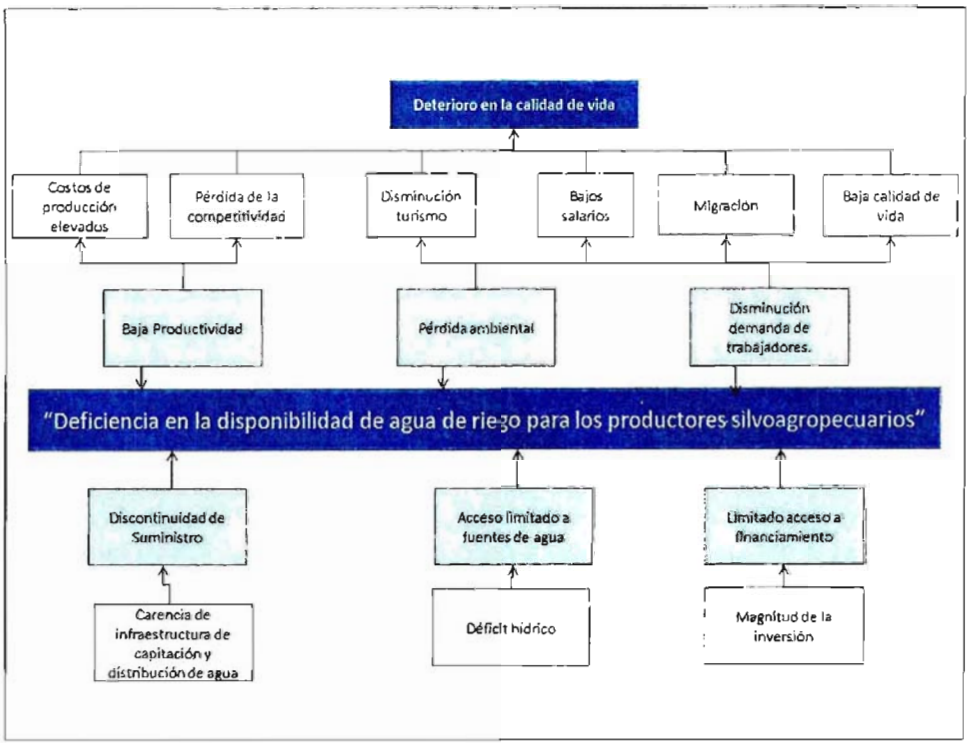
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Estero Purrehuín, existen 150 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían sobre 60 ha potenciales de frutales y 90 ha potenciales de praderas.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

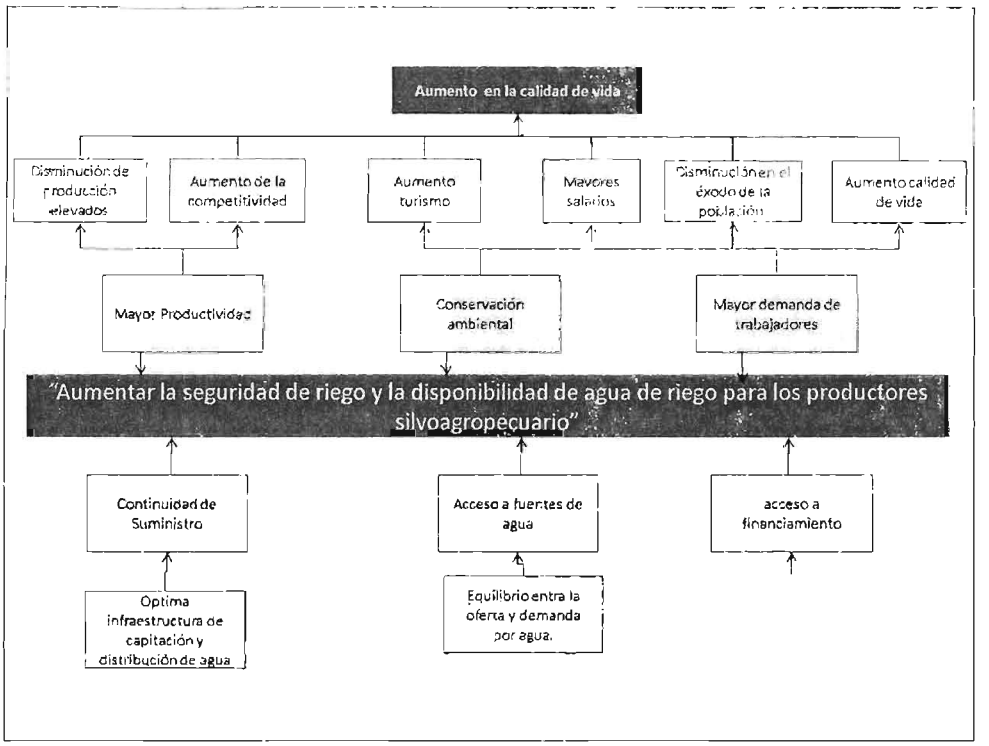


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema" en "Objetivo", los "Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines", obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Osorno, comuna de San Juan de la Costa en la Región de Los Lagos, Chile central (5.525.320N, 638.230E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

El clima que caracteriza a la comuna es el templado-lluvioso con un régimen de lluvia distribuido en las cuatro estaciones del año, con precipitaciones anuales que superan los 2.500 mm (Dirección Meteorológica de Chile, 2011),(Figura 3.1-1).

La zona de riego se encuentra inmediatamente aguas abajo de la obra. Corresponde a un valle angosto y extenso de aproximadamente 5 km de largo,donde el área de riego seria de 150 ha

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondodel embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 150 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de San Juan de la Costa y está compuesta por un total de 8.831 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro3.3-1.

En cuanto a la composición de la población, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 10,21% de la población vive en la ciudad y el 89,79% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

CUADRO3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Osorno	221.608	50%	50%
Comuna de San Juan de la Costa	8.831	55%	45%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

El nivel de pobreza en la comuna de Puerto Montt es de un 15,93%, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

CUADRO3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de San Juan de La Costa	Región	País
Pobre Indigente	1.323	431	168	2,12	2,43	3,74
Pobre no Indigente	2.14	663	799	10,10	11,76	11,38
No Pobre	4.76	6.557	6.944	87,78	85,80	84,88
Total	8.223	7.651	7.911	100	100	100

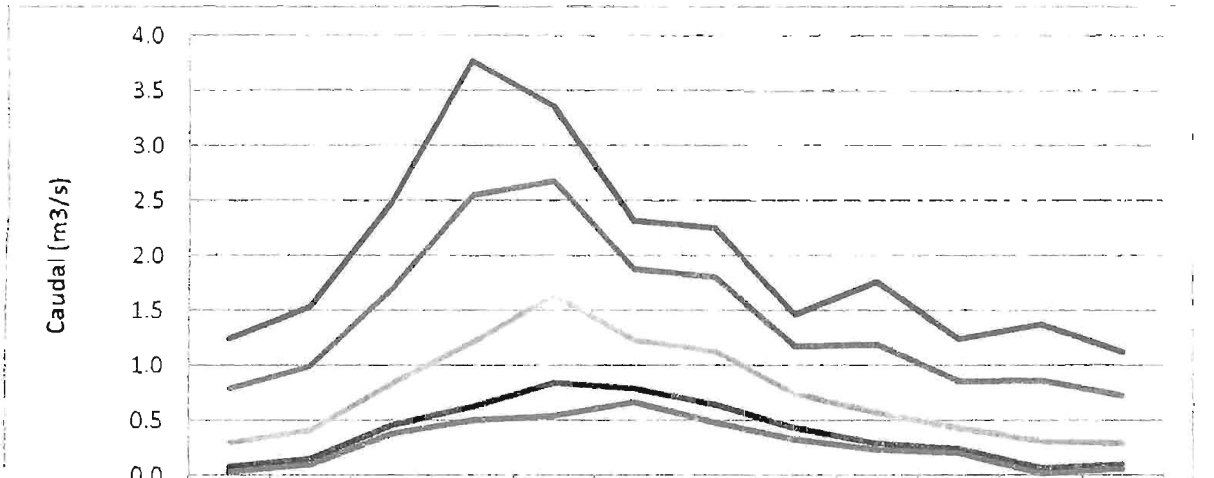
Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.500 mm y un caudal medio superior a los 870 L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Cañal Bajo. Los caudales se generaron con relaciones precipitación-escorrentía, ya que no se cuenta con control fluviométrico.

La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B. Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

FIGURA 3.4-1
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALESTERO PURREHUÍN



	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
5,0%	1.24	1.53	2.48	3.77	3.35	2.32	2.25	1.47	1.76	1.24	1.38	1.12
15,0%	0.79	1.00	1.69	2.55	2.68	1.88	1.81	1.18	1.19	0.86	0.87	0.73
50,0%	0.29	0.41	0.83	1.21	1.64	1.23	1.14	0.74	0.57	0.43	0.31	0.29
85,0%	0.07	0.15	0.45	0.63	0.84	0.79	0.64	0.43	0.29	0.24	0.07	0.10
95,0%	0.03	0.10	0.38	0.50	0.54	0.66	0.48	0.33	0.24	0.20	0.02	0.06

Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

El sitio de embalse Purrehuín se ubica en la zona denominada **M1m** del **Mioceno.** Secuencias sedimentarias marinas transgresivas plataformales: areniscas finas, arcillolitas y limolitas. En la costa, región VIII: Fm. Ranquil; en la Depresión Central, región IX: Formación Cholchol.La ubicación del sitio se presenta en la Figura 3.5-1.

De acuerdo a la caracterización geológica cualitativa de las formaciones de cada alternativa, desde el punto de vista de cómo la geología podría incidir en la fundación de la presa y de los canales, se definió esta caracterización cualitativa según los tipos geológicos siguientes:

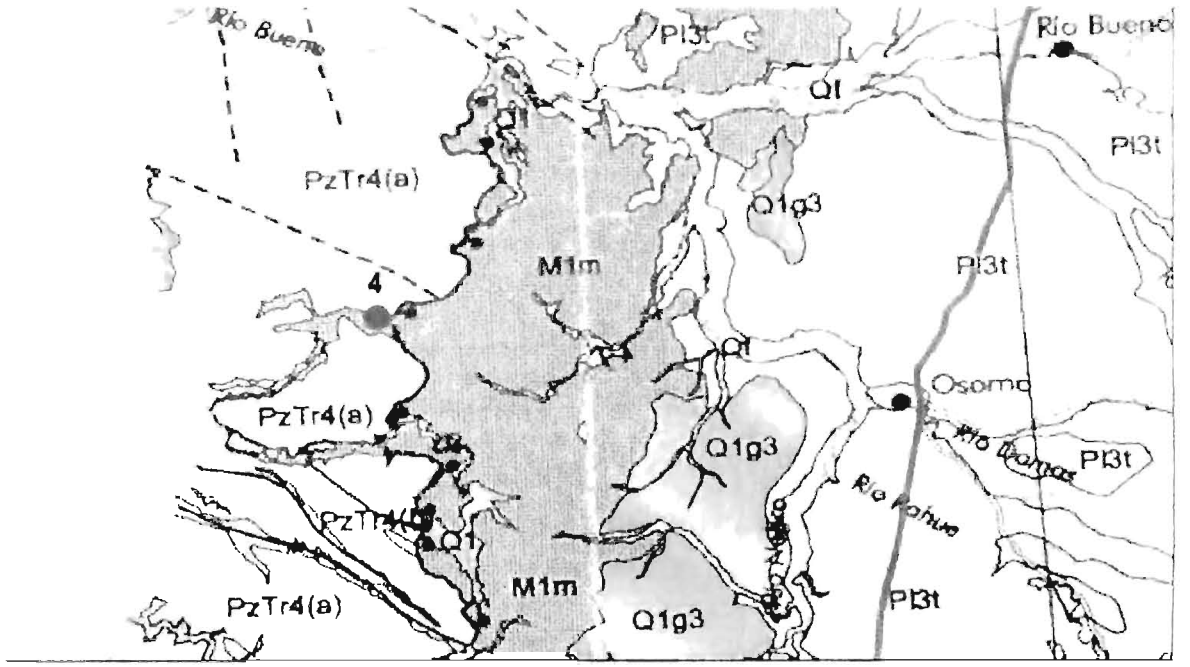
a) Bueno: Roca de cualquier tipo, graníticas, metamórficas y sedimentarias, inalteradas, con escaso fracturamiento y resistentes.

b) Regular: Roca y/o sedimento moderadamente consolidado, permeabilidad moderada, estable en corte.

c) Mala: Rocas meteorizadas y/o depósitos no consolidados o suelos, baja compacidad, permeables, inestables en corte.

En el caso particular del sitio de embalse Purrehuín se define su caracterización geológica como regular.

FIGURA 3.5-1
GEOLOGÍA SECTOR EMBALSE



Ubicación del sitio propuesto
Fuente: Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2002)

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 3LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 150,0 ha, dentro de una envolvente de 7,6 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	0.9	91.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.1	8.7
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	0.0
SUBTOTAL RIEGO	**1.0**	**100.0**
SECANO		
Frutales y viveros	0.7	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	97.3	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1.9	1.3
Cereales y barbecho	2.2	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	46.6	31.3
Forrajeras anuales	0.1	0.1
SUBTOTAL SECANO	**149.0**	**100.0**
Subtotal Riego	1.0	0.6
Subtotal Secano	149.0	94.6
Infraestructura y Terrenos Estériles	7.6	4.8
TOTAL	**157.6**	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinó que con un embalse de 0,30 hm^3 es posible regar una superficie de 150 ha.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	85.5	57.0	85.5	57.0	85.5	57.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	52.5	35.0	52.5	35.0	52.5	35.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	12.0	8.0	12.0	8.0	12.0	8.0
SUBTOTAL RIEGO	**150.0**	**100.0**	**150.0**	**100.0**	**150.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.0	65.3	0.0	65.3	0.0	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	1.3	0.0	1.3	0.0	1.3
Cereales y barbecho	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	0.0	31.3	0.0	31.3	0.0	31.3
Forrajeras anuales	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
SUBTOTAL SECANO	**-0.0**	**100.0**	**-0.0**	**100.0**	**-0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	150.0	95.2	150.0	95.2	150.0	95.2
Subtotal Secano	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	7.6	4.8	7.6	4.8	7.6	4.8
TOTAL	**157.6**	**100.0**	**157.6**	**100.0**	157.6	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \ \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \quad (4)$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

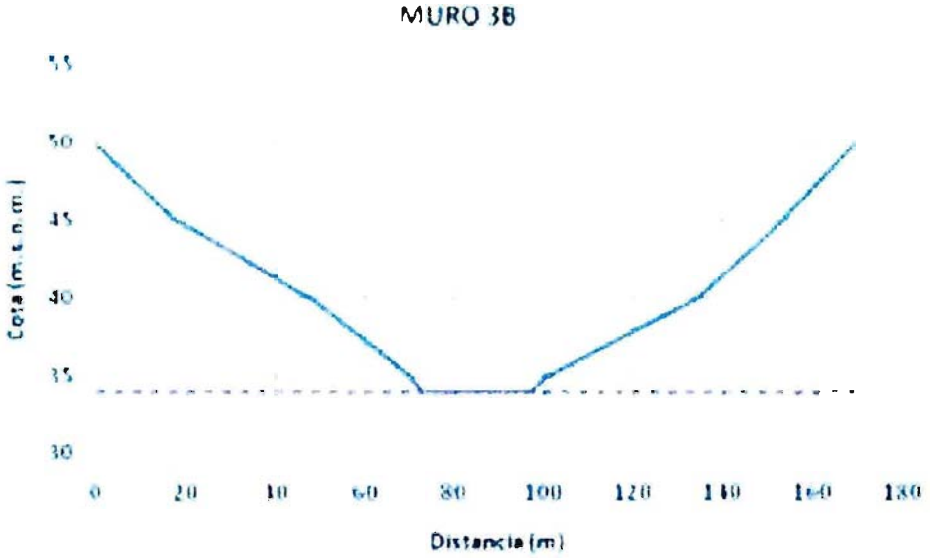
Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó un volumen de embalse de 0,30 hm³.

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.

- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1 1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar Topography Mission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

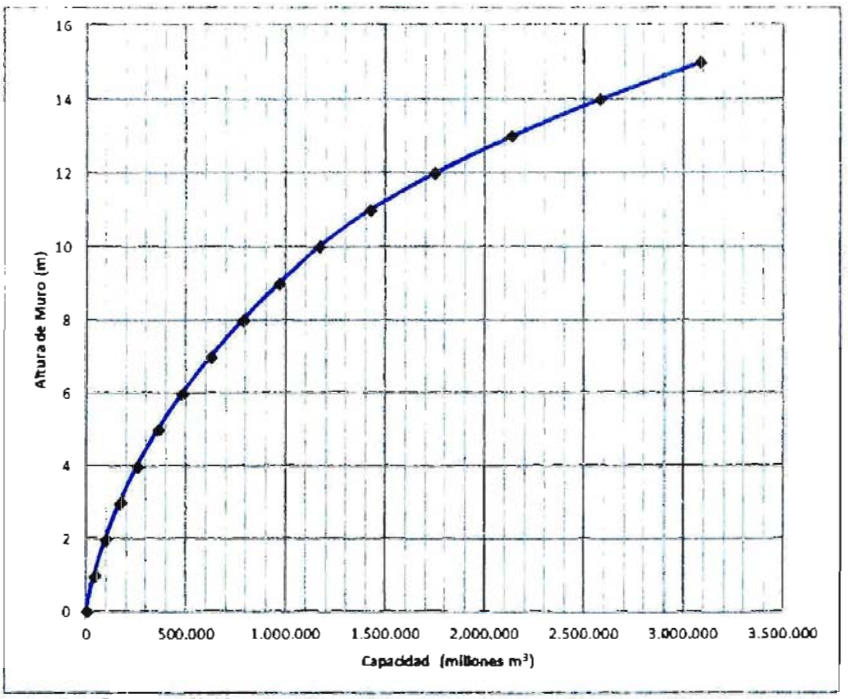
$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

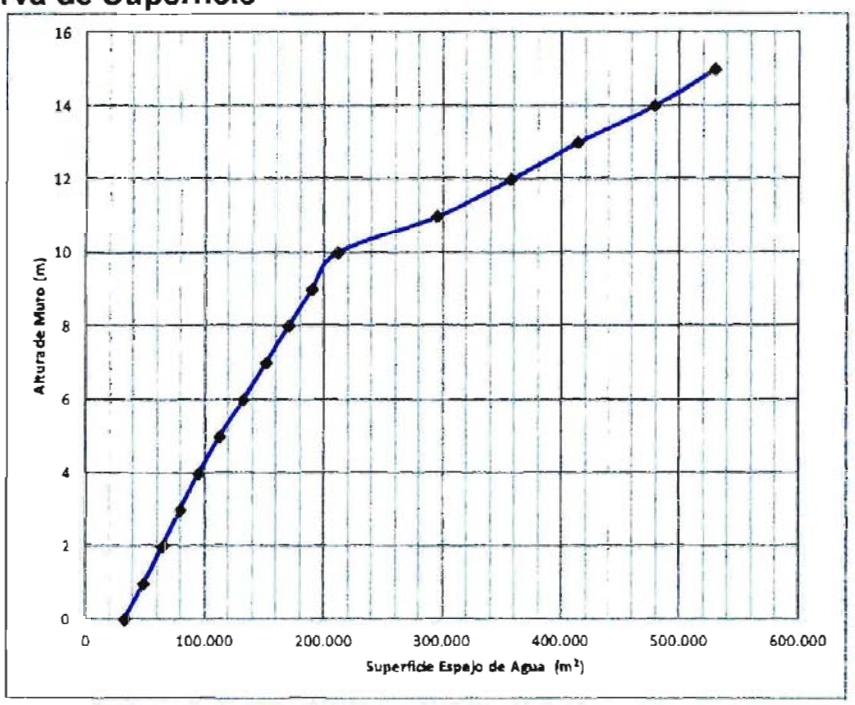
w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen



b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos

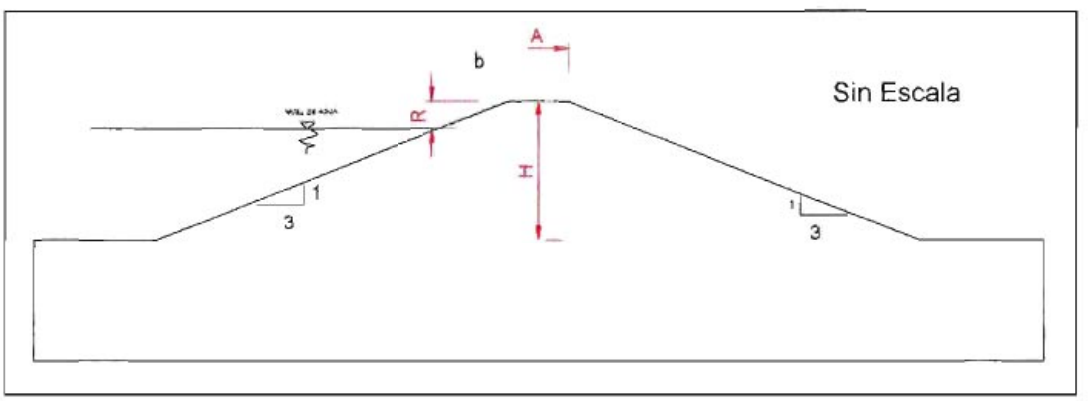
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,30	4,2	5,0	39	4,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-3. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-3
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

h

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,3	2,289

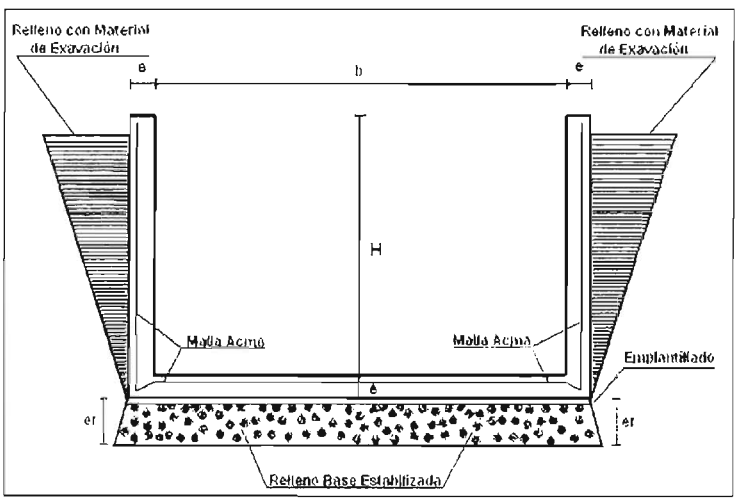
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se ha proyectado preliminarmente dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

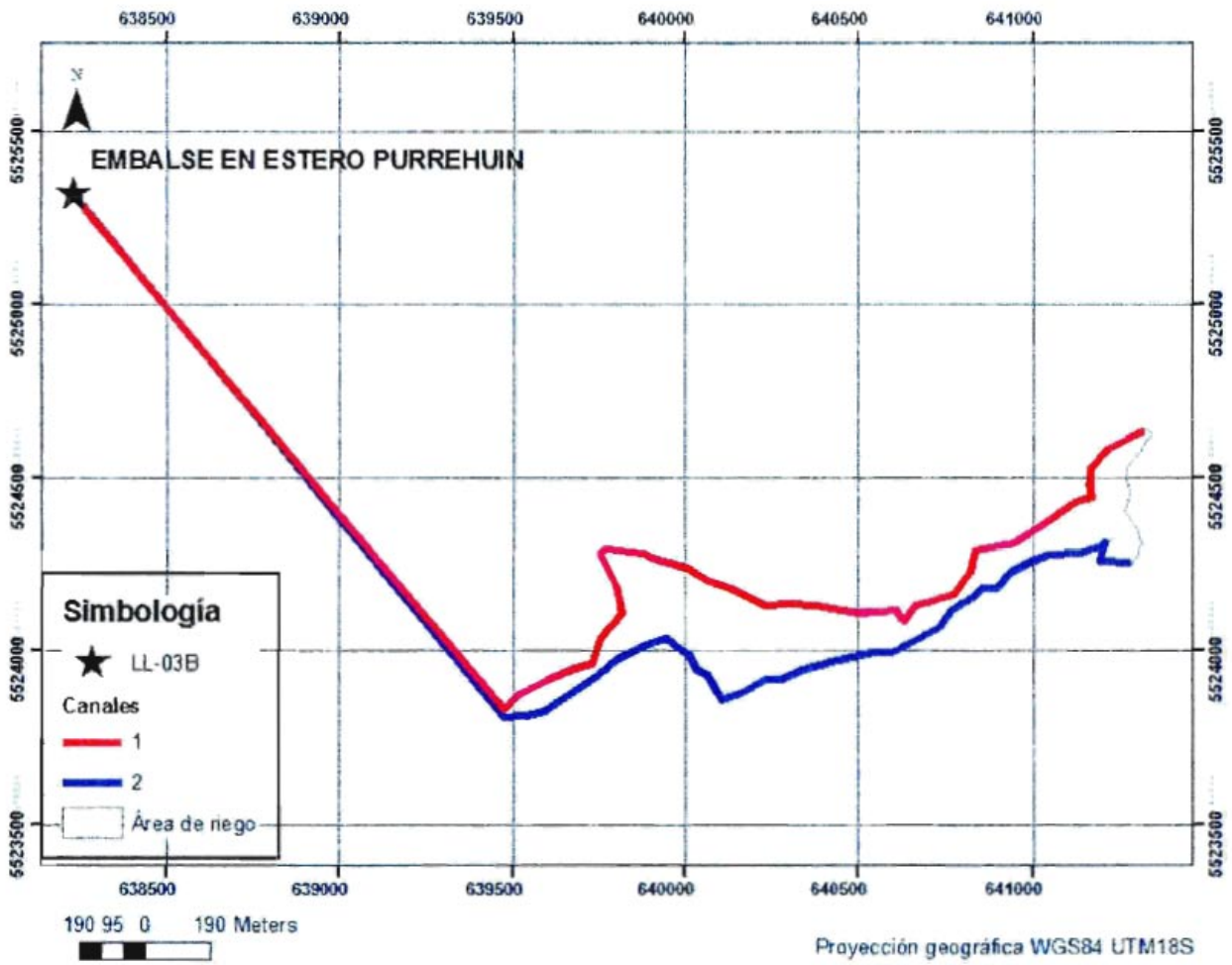
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm^3)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
0,30	110	4,1	4,9	0,55	0,6	0,6	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1 A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,2 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

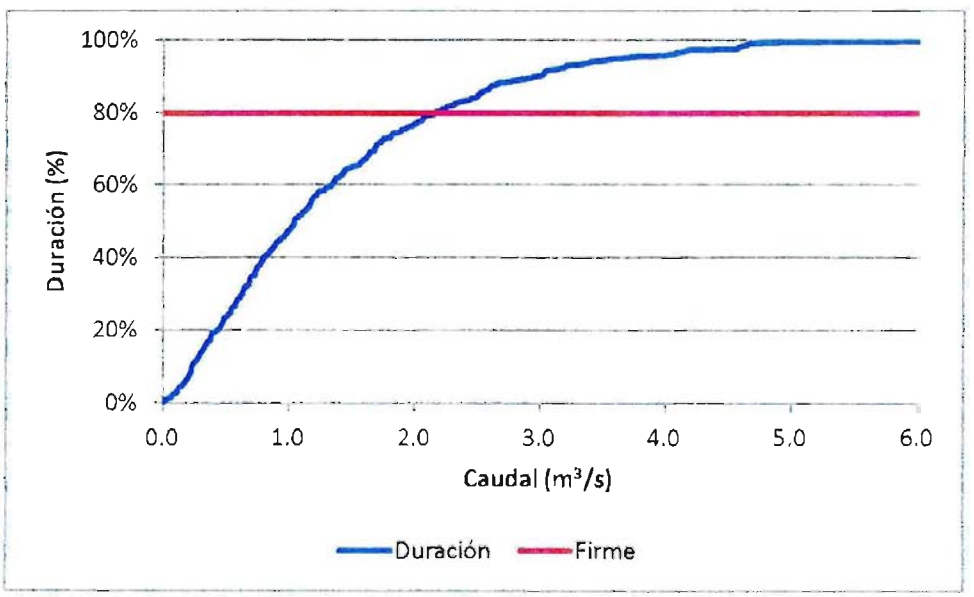
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
0,30	4,2	70	204,4

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 0,30 hm^3 / h= 5,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m^2	Roce descepe y escarpe	2.055	1.500	1.320	3.082.500	2.712.600
m^3	Excavaciones	785	5.000	4.800	3.925.000	3.768.000
m^3	Relleno de la presa	3.370	4.000	3.840	13.480.000	12.940.800
m^3	Enrocado de protección e=0,5 m	388	50.000	48.000	19.400.000	18.624.000
m^2	Filtro geotextil sobre enrocado	931	3.500	3.430	3.258.500	3.193.330
Total Muro					**43.146.000**	**41.238.730**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Muro 1= 0,12 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	957	12.594	11.335	12.052.458	10.847.212
m³	Hormigón H-30	2.633	99.523	94.547	261.994.298	248.894.583
m²	Malla Acma C-295	17.550	7.877	7.719	138.241.350	135.476.523
m²	Moldajes 3 usos	8.100	8.834	7.951	71.555.400	64.399.860
m²	Aplicación Antisol	5.400	255	230	1.377.000	1.239.300
m	Juntas de dilatación	3.240	5.994	5.395	19.420.560	17.478.504
Total Sistema Distribución					**504.641.066**	**478.335.982**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
0,30	70,0	169.193.500	7.489	350.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo F. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
0,30	12,0	54.221.304,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 0,30 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	43.146.000	41.238.730
Obra de Desvío	4.314.600	4.123.873
Obra de Toma	2.157.300	2.061.937
Vertedero	15.101.100	14.433.556
Sistema de Distribución	504.641.066	478.335.982
Caminos de Acceso	4.314.600	4.123.873
TOTAL COSTO DIRECTO	**583.674.666**	**554.317.950**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**350.204.799**	**332.590.770**
Minicentral Hidroeléctrica	169.193.500	169.193.500
TOTAL COSTO DIRECTO	**169.193.500**	**169.193.500**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**59.217.725**	**59.217.725**
EXPROPIACIONES	**54.221.304**	**54.221.304**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**1.216.511.994**	**1.169.541.249**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**53.849**	**51.770**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**2.516.522**	**2.419.357**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.

- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4, tanto a precios de mercado y sociales.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS

Año	PRECIOS DE MERCADO			PRECIOS SOCIALES		
	Margen Neto SAO	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SAO	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	8.578.800	8.578.800	0	12.776.763	12.776.763	0
1	9.353.073	-111.943.075	-121.296.149	13.783.614	-106.610.500	-120.394.114
2	9.353.073	-156.520.943	-165.874.016	13.783.614	-146.495.619	-160.279.233
3	9.353.073	-259.546.767	-268.899.840	13.783.614	-239.285.353	-253.068.967
4	9.353.073	-93.420.984	-102.774.058	13.783.614	-68.988.141	-82.771.756
5	9.353.073	-56.524.561	-65.877.634	13.783.614	-11.575.499	-25.359.113
6	-762.136	85.759.391	86.521.527	2.436.340	161.409.422	158.973.081
7	3.464.946	247.697.931	244.232.985	6.469.993	323.754.699	317.284.706
8	3.074.894	373.537.934	370.463.040	6.305.778	467.742.868	461.437.090
9	4.039.866	457.199.107	453.159.242	7.544.266	565.819.263	558.274.998
10	5.339.899	540.153.747	534.813.848	9.051.264	662.507.211	653.455.947
11	7.019.735	586.782.646	579.762.911	10.894.132	719.365.223	708.471.092
12	7.583.099	587.472.214	579.889.115	11.608.023	721.357.854	709.749.831
13	8.578.800	588.650.047	580.071.247	12.776.763	722.192.094	709.415.331
14	9.353.073	390.271.846	380.918.773	13.783.614	501.712.804	487.929.190
15	9.353.073	160.168.343	150.815.270	13.783.614	236.511.406	222.727.792
16	9.353.073	-238.767.830	-248.120.903	13.783.614	-218.506.416	-232.290.030
17	8.927.233	-52.686.584	-61.613.817	13.385.721	-28.253.741	-41.639.462
18	9.249.186	-4.860.196	-14.109.383	13.659.890	40.088.866	26.428.976
19	-446.023	109.866.534	110.312.557	2.706.888	185.516.565	182.809.677
20	3.467.713	247.697.931	244.230.218	6.486.875	323.754.699	317.267.825
21	3.111.494	373.537.934	370.426.440	6.358.397	467.742.868	461.384.471
22	4.140.986	457.199.107	453.058.121	7.651.109	565.819.263	558.168.154
23	5.413.027	540.153.747	534.740.720	9.125.990	662.507.211	653.381.221
24	7.019.735	586.782.646	579.762.911	10.894.132	719.365.223	708.471.092
25	7.583.099	587.472.214	579.889.115	11.608.023	721.357.854	709.749.831
26	8.578.800	588.650.047	580.071.247	12.776.763	722.192.094	709.415.331
27	9.353.073	390.271.846	380.918.773	13.783.614	501.712.804	487.929.190
28	8.927.233	160.168.343	151.241.110	13.385.721	236.511.406	223.125.685
29	9.249.186	-238.767.830	-248.017.016	13.659.890	-218.506.416	-232.166.306
30	9.243.346	-52.686.584	-61.929.930	13.656.269	-28.253.741	-41.910.010

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son: goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDDES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
0,30	126.453.760	121.571.149	807.425.705	765.337.571

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 CostoMCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDDES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
0,3	70,0	228.411.225

Fuente: Elaboración **propia**

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto sólo es rentable a precios sociales. Por otra parte, cuando se incorpora la hidrogeneración la rentabilidad del proyecto se incrementa levemente. La evaluación se presenta en el Anexo E.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,30	-465,7	-0,40	9,3%	1.889,2	1,69	12,2%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,30	-391,8	-0,34	9,7%	2.015,5	1,81	12,6%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 0,30hm^3, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 150 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN ESTERO PURREHUÍN
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	2
3.1	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	8
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1.	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1.	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	91,3	57,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	8,7	35,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,5	0,5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	65,3	65,3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1,3	1,3
Cereales y barbecho	1,5	1,5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	31,1	31,1
Forrajeras anuales	0,3	0,3
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
21,8	14,6	17,9	24,5	40,8	64,9	95,7	138,8	143,7	104,8	73,9	37,7	779,1

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	539,8
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	740,3
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	522,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
135,0	126,0	134,0	111,0	101,0	67,0	58,0	43,0	60,0	48,0	45,0	96,0	1.024,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	102,7	90,9	33,7	0,0	0,0	245,9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	88,9	76,5	51,6	25,2	0,0	275,1
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	100,9	54,7	9,7	0,0	261,1

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	207,0	1.141,0	1.010,0	374,0	0.0	0,0	2.732,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	1.185,0	1.020,0	688,0	336,0	0,0	3.668,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.129,0	2.242,0	1.216,0	216,0	0,0	5.803,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	**-**	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	**-**	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1 1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN ESTERO PURREHUÍN
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,2 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

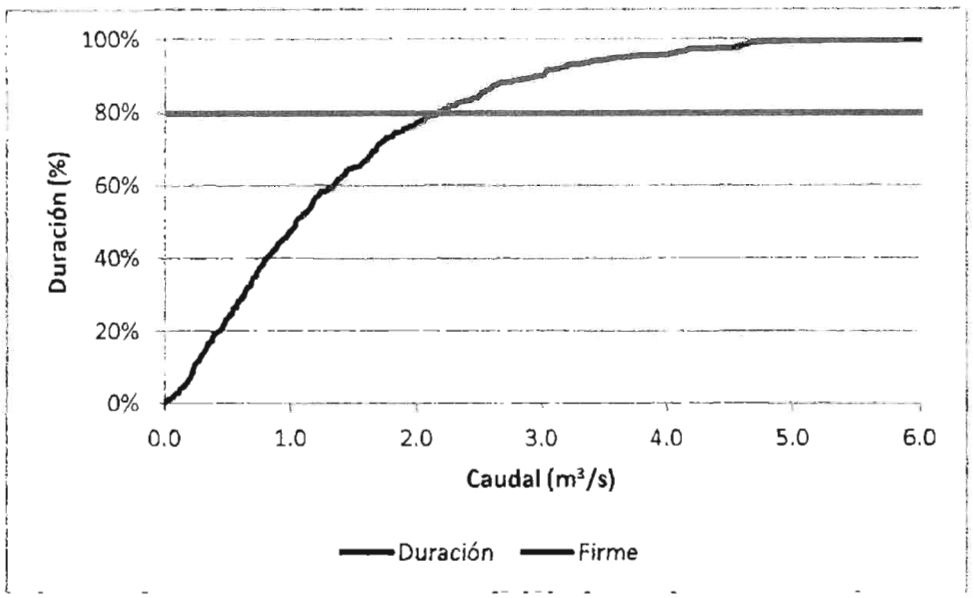
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN ESTERO PURREHUÍN
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

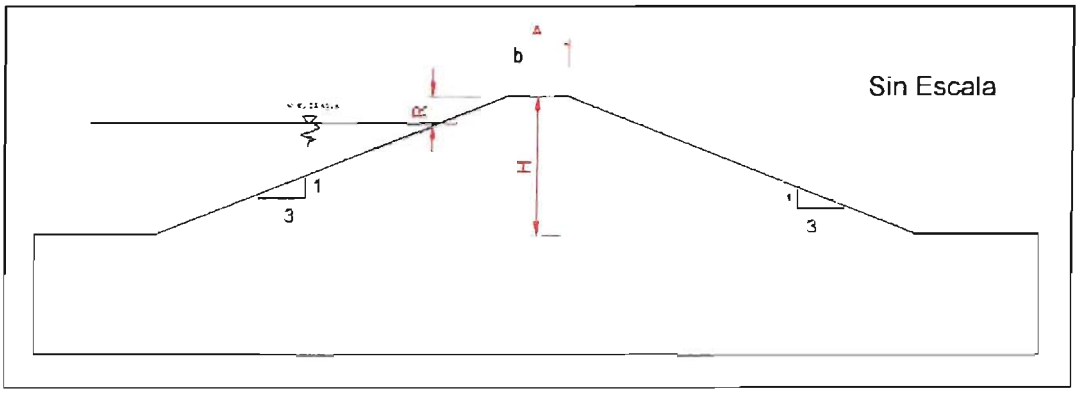
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,3	4,2	5,0	39	4,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
0,3	SC-ML	35	2,2	1,8	2,2

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en la Figura 2 y 3 el resultado del análisis-

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

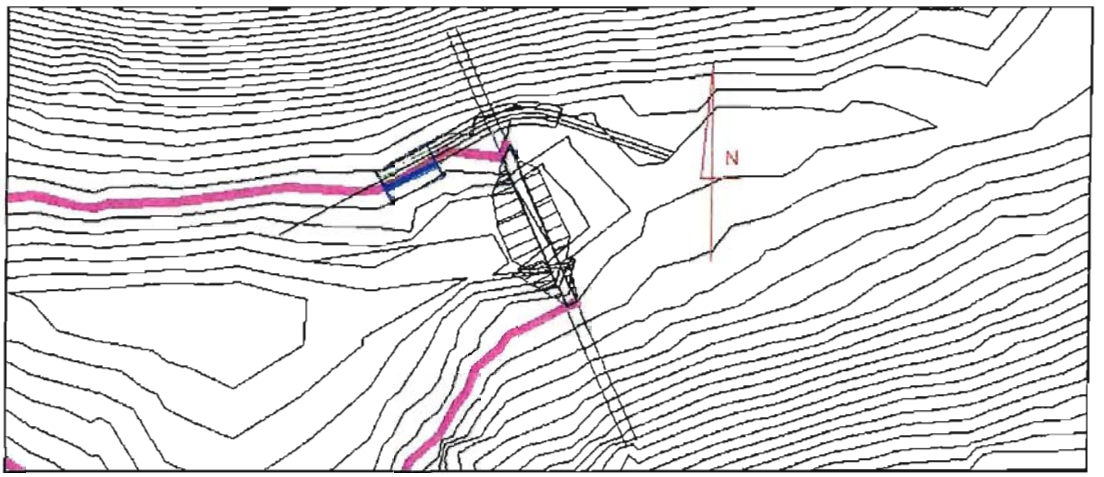
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,3	2,289

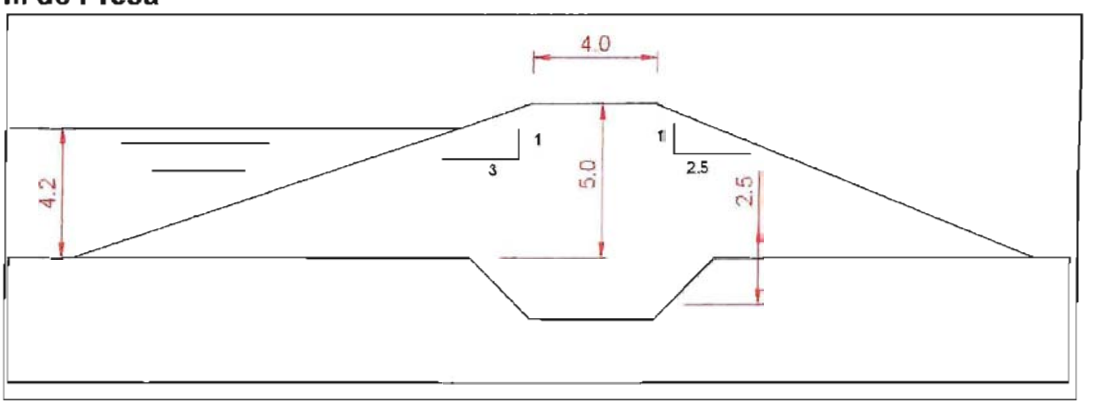
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 0,3 hm^3

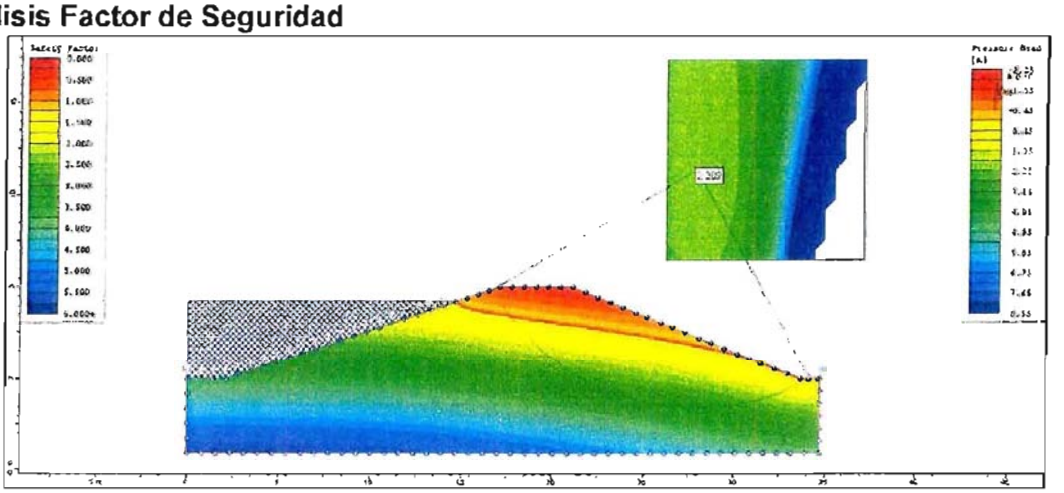
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #6:

EMBALSE EN RÍO PILMALQUEN



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO PILMAIQUÉN (LR-024-01)"

NOVIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
2.1	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA	3
3.	DIAGNÓSTICO	3
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	17
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	17
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	17
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	18
3.6.3.	Demandas de Agua	19
3.7.	BALANCE HÍDRICO	20
4.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO	21
4.1.	OBRAS CIVILES	21
4.1.1.	Embalse de Regulación	21
4.1.2.	Sistema de Distribución	25
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	27
5.	PRESUPUESTO DE LAS OBRAS	29
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	29
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	30
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	30
5.4.	EXPROPIACIONES	31
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	31
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	33
6.1.	GENERALIDADES	33
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	34
6.3.	BENEFICIOS	34
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	34
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	43
6.4.	COSTOS	43
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	43
6.4.2.	Costos Obras Civiles	45
6.4.3.	Costo MCH	45
6.4.4.	Costos Ambientales	45
6.5.	RESULTADOS	45

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Río Pilmalquén**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del río Pilmalquén comuna de Puyehue, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del río Pilmalquén actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría no se encuentran regulados. Esta situaciónha impedidoque la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del río Pilmalquén.

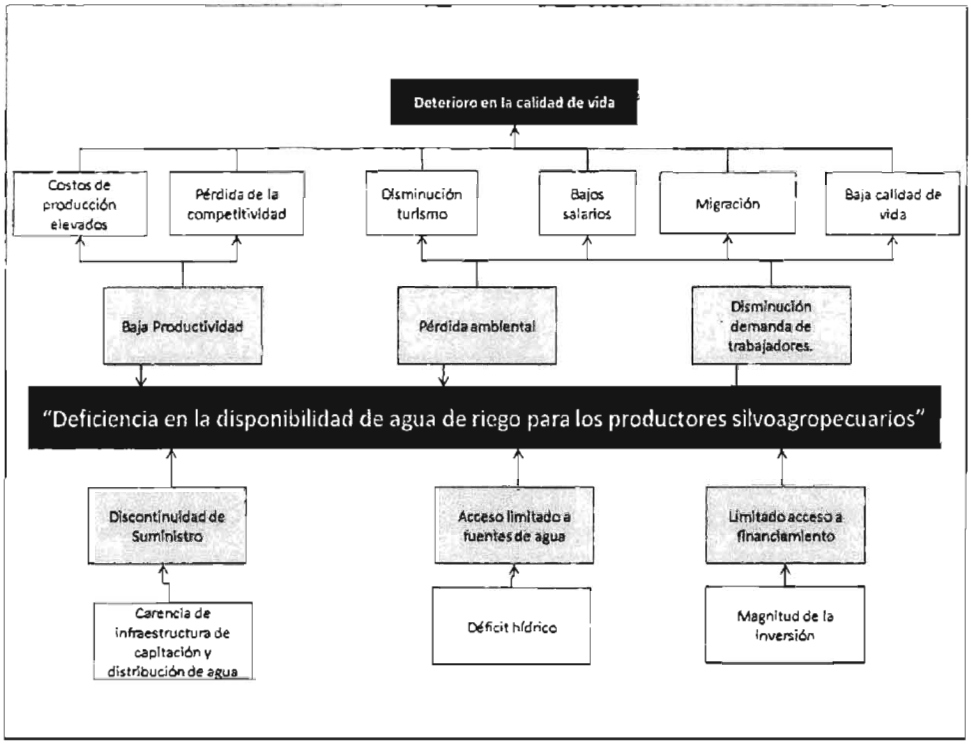
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del estero Pilmalquén, existen 15.000 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían 6.100 ha de frutales, 8.600 de praderas y 300 ha de cultivos anuales.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

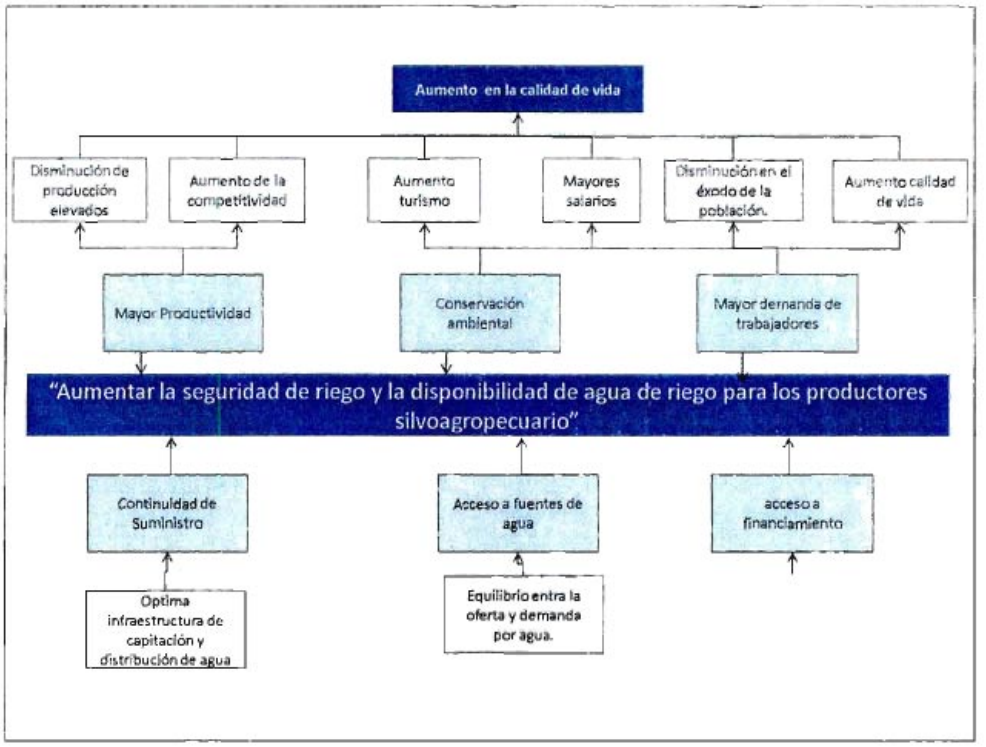


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema"en "Objetivo", los"Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines",obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Bueno, en la provincia de Puyehue, Región de Los Lagos, Chile central (5.509.195N, 683.592E)la queocupa una superficie de 9.240 km^2 sólo en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es elrío Bueno, que, nace en el sector oeste del lago Ranco y Recorre 130 km. desembocando en el Océano Pacífico al norte de la punta Dehui (DGA, 2004b).

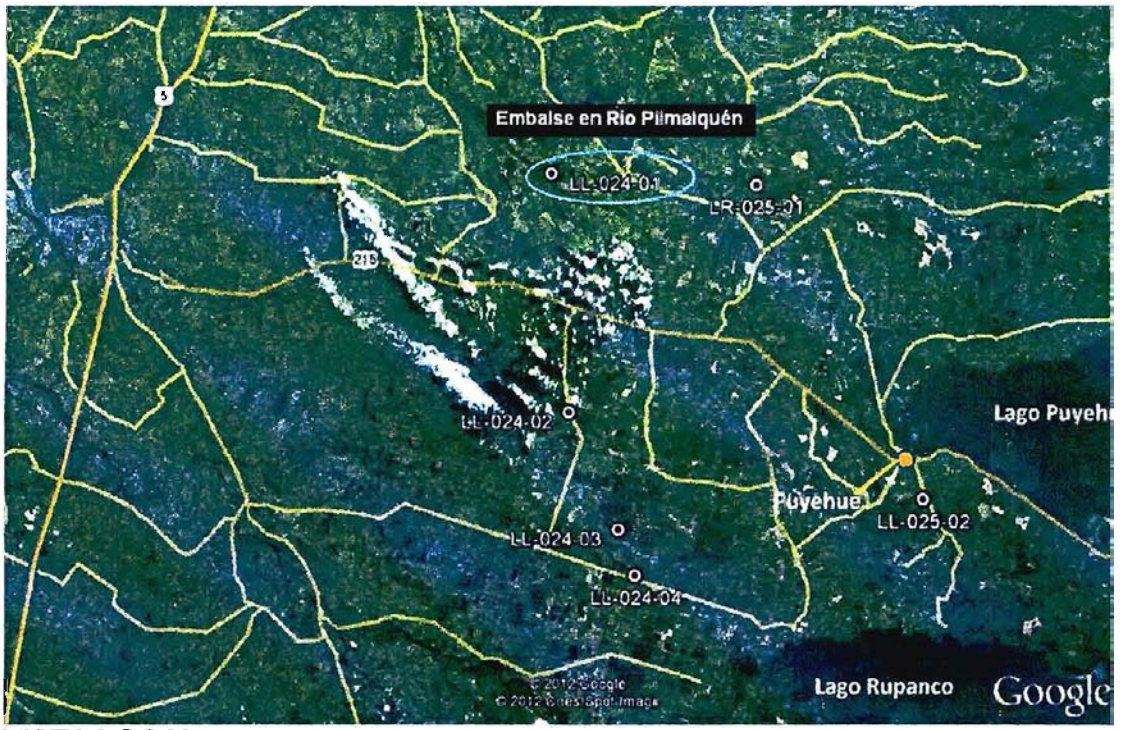
En la provincia de Osorno, según el Atlas Agroclimático del INIA (1998), se encuentra un Clima Marítimo Frío, con una temperatura mínima absoluta media del mes más frío que oscila entre los -10 y 2,5°C, una mínima diaria promedio del mes más frío mayor a 4°C , una máxima diaria promedio del mes más frío superior a 10°C; en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 2,9°Cy -10°C y una máxima diaria promedio del mes más frio superior a 5°C. Durante el periodo de verano las máximas medias pueden alcanzar los 17°C.

Se destaca el Agroclima Osorno con un régimen caracterizado por una temperatura media anual de 11,4°C, máxima media del mes más cálido de 23,8°C en enero, y una mínima media del mes más frío de 3,2°C en Junio. El régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 1.383 mm y mayo se registra como el mes más lluvioso con 253,7 mm. La evapotranspiración anual alcanza 779,0 mm, con un mínimo en junio de 14,6 mm y un máximo en el mes de enero de 143,7 mm. Posee una estación seca que se prolonga durante el mes de febrero (INIA, 1998).

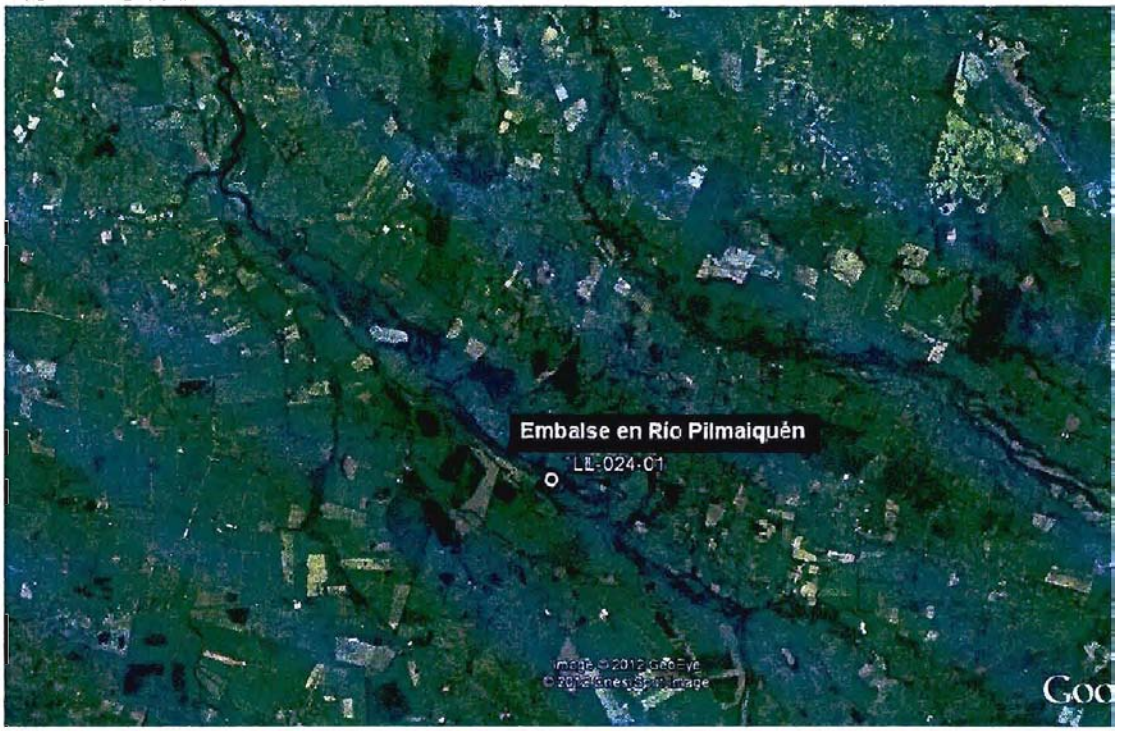
La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra correspondiendo principalmente a la localidad de Monte Verde, Lumaco Bajo, Las Quemas. Corresponde a terrenos planos actualmente la mayoría de ellos con empastadas y utilizados para la actividad ganadera (Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2 AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 15.000 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Puyehue y está compuesta por un total de 11.368 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Osorno	221.509	49%	51%
Comuna dePuyehue	11.368	53%	47%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 35% de la población de la comuna de Puyehue vive en la ciudad y el 65% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23,1% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Puyehue es de un 3,77 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Puyehue	Región	País
Pobre Indigente	1.127	206	82	0,72	2,43	3,74
Pobre no Indigente	1.514	1.293	348	3,05	11,76	11,38
No Pobre	8.269	9.039	10.974	96,23	85,80	84,88
Total	10.91	10.538	11.404	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

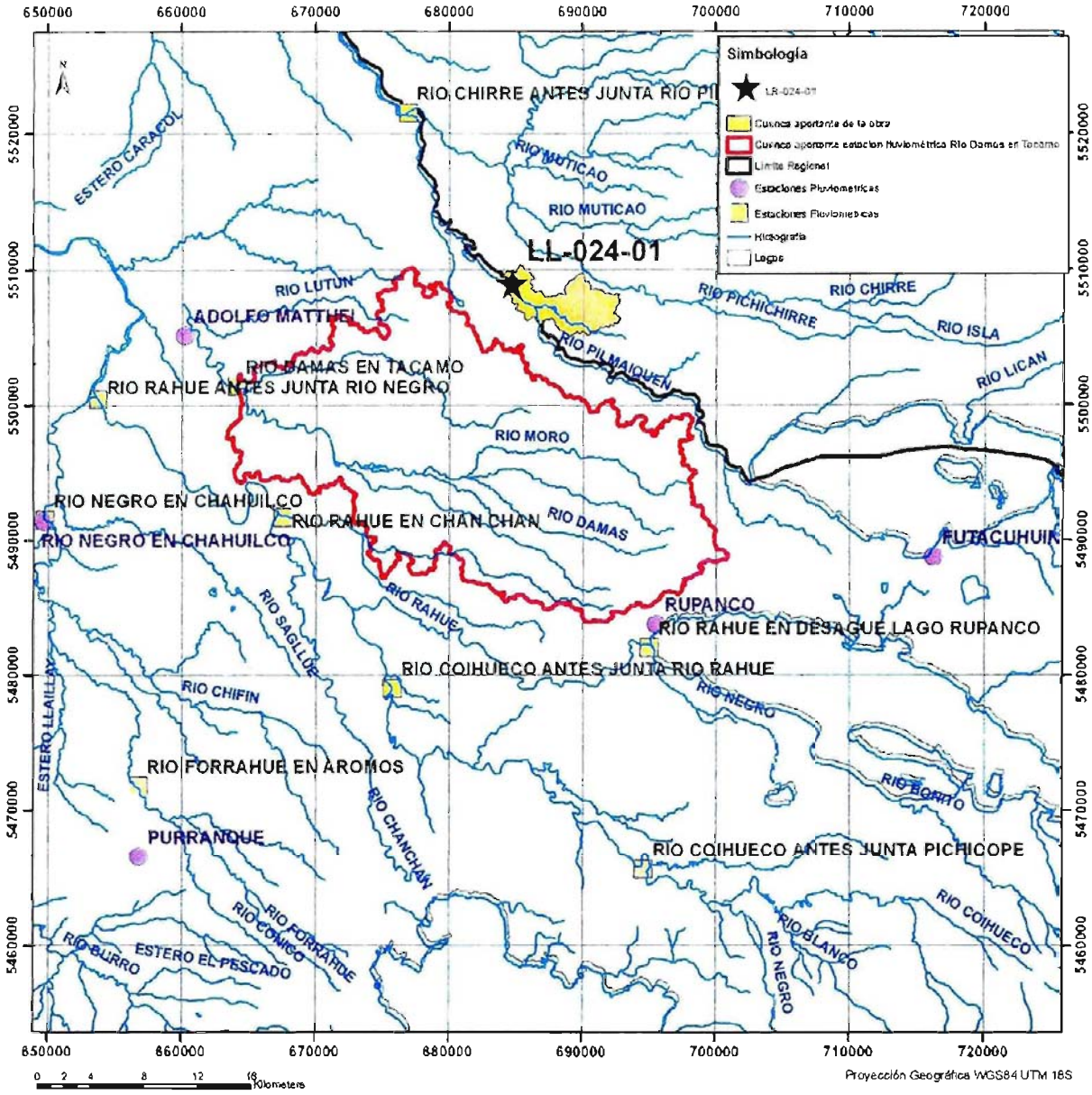
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.973 mm y un caudal medio de 115 m^3/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco y la estación fluviométrica Río Pilmaiquén en San Pablo. Los caudales fueron determinados mediante latransposición de caudalesde la estación Río Pilmaiquén en San Pablo. Se hace notar en todo caso que dado el gran tamaño de la cuenca, se debería realizar un estudio hidrológico con mayor nivel de detalle para desarrollar los perfiles. Por esta razón se determinó desarrollar los perfiles captando a lo más 2 m^3/s.

En la Figura 3.3-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.3-2.

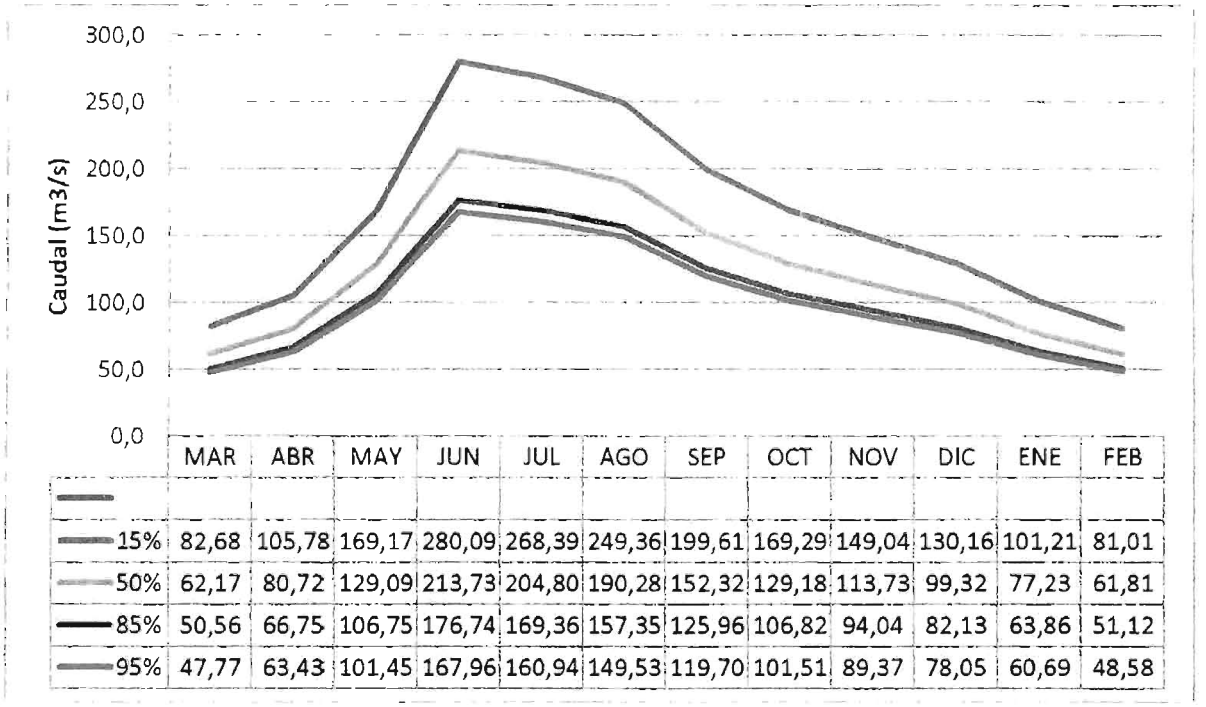
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO PILMALQUEN



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
15%	82,68	105,78	169,17	280,09	268,39	249,36	199,61	169,29	149,04	130,16	101,21	81,01
50%	62,17	80,72	129,09	213,73	204,80	190,28	152,32	129,18	113,73	99,32	77,23	61,81
85%	50,56	66,75	106,75	176,74	169,36	157,35	125,96	106,82	94,04	82,13	63,86	51,12
95%	47,77	63,43	101,45	167,96	160,94	149,53	119,70	101,51	89,37	78,05	60,69	48,58

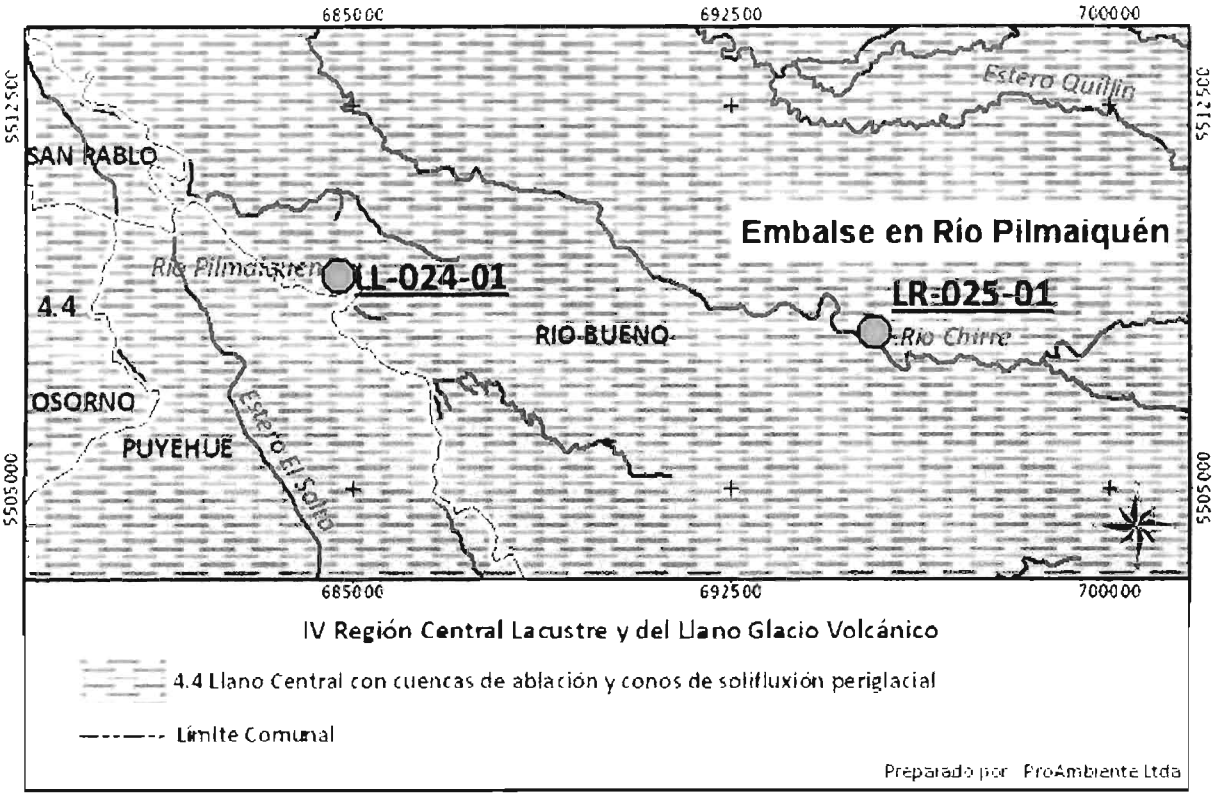
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece la unidad (4.4) del Llano Centralcon morrenas y conos periglaciales. Predominio de lomajes suaves de suelos residuales pardos rojizos arcillosos y sectores aterrazados próximos a esteros actuales. El sitio del embalse corresponde a una extensa llanura(outwash) muy plana con meandros pronunciados que la disectan.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL

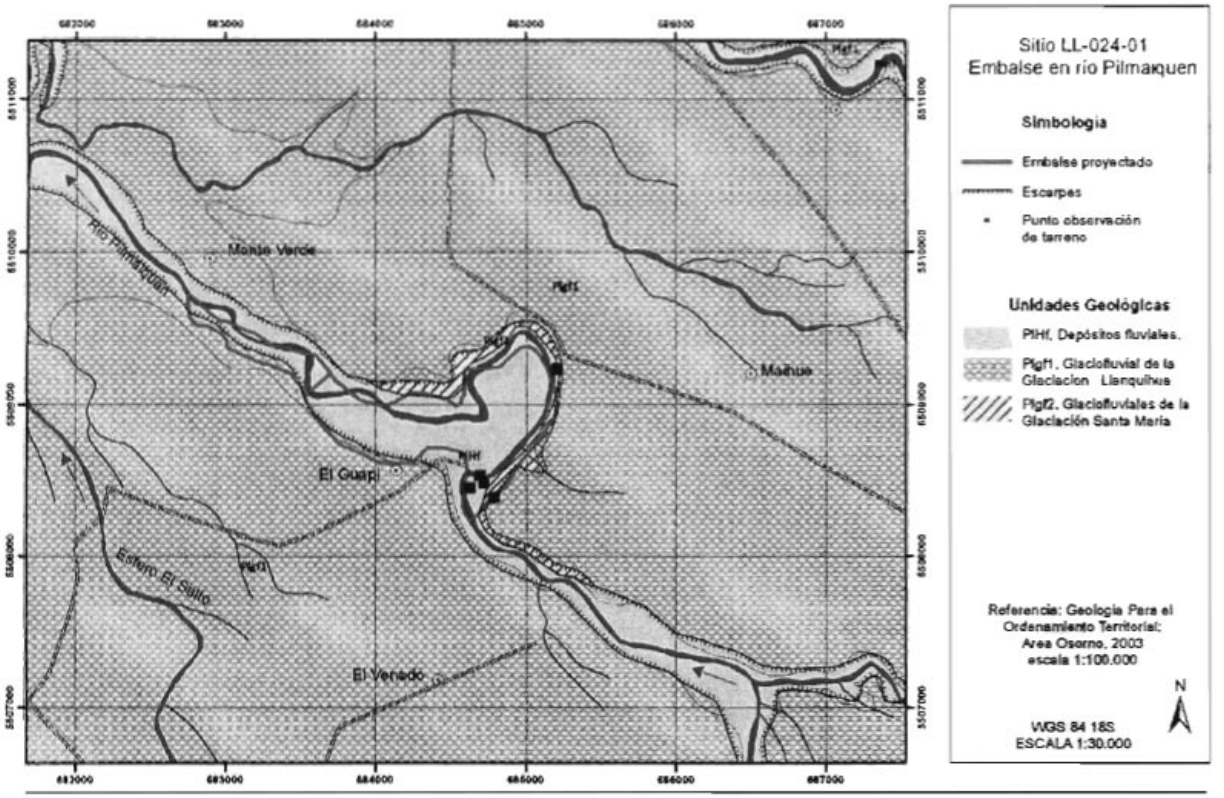


Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza principalmente en depósitos glaciofluviales (Plgf1) de la Glaciación Llanquihue; bajo estos se disponen depósitos glaciofluvialesmás antiguos (Plgf2) de la glaciación Santa María .En el lecho actual del rio, se observan gravas bien seleccionadas, redondeadas y arenas gruesas a medias (PlHf), que conforman el meandro,inundable en época de crecidas. Los primeros conforman la amplia llanura y corresponden a gravas con moderada a buena selección, subredondeados a redondeados con matriz de arena gruesa a media y limos subordinados, con estratificación planar horizontal. Los depósitos Plgf2 se observan en la ladera NE, que constituirían el apoyo izquierdo y parte de la presa. Son gravas, clastosoportados, redondeados con matriz de arena con óxidos de manganeso yfierro. Sobre los depósitos aterrazados se desarrolla un suelo con espesor centimétrico que conforma la extensa pradera que se observa en la foto. En la terraza baja se desarrolla vegetación de tipo matorral.En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Vista de la llanura de los depósitos Plgf1	
Vista Zona de Presa	

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Perfil de depósitos Plgf2 apoyo izquierdo de la presa	
Vista de la zona del embalse , terraza inferior de depósitos PlHf, Foto tomada desde la terraza superior	

Fuente:Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Depósitos glaciofluviales oxidados se explotan como empréstitos. Niveles de finos con óxidos de fierro. En general son materiales excavables mecánicamente.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 1LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 1.500,0 ha, dentro de una envolvente de 313,1 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	1 5	30.9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	3.4	67
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.1	2.1
SUBTOTAL RIEGO	5.0	100.0
SECANO		
Frutales y viveros	15.5	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	3.317.2	64.1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	41.4	0.8
Cereales y barbecho	41.4	0.8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	1.687.1	32.6
Forrajeras anuales	72.5	1.4
SUBTOTAL SECANO	5.175.0	100.0
Subtotal Riego	5.0	0.1
Subtotal Secano	5.175.0	94.2
Infraestructura y Terrenos Estériles	313.1	5.7
TOTAL	5.493.1	100.0

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 15.000 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 1,2, 3,5 y 5,0 hm³, los que permiten el riego de 1.140, .2.840 y 5.180 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	570.0	50.0	1.420.0	50.0	2.590.0	50.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	456.0	40.0	1.136.0	40.0	2.072.0	40.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	114.0	10.0	284.0	10.0	518.0	10.0
SUBTOTAL RIEGO	**1.140.0**	**100.0**	**2.840.0**	**100.0**	**5.180.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	12.1	0.3	7.0	0.3	0.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	2.589.6	64.1	1.499.9	64.1	0.0	64.1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	32.3	0.8	18.7	0.8	0.0	0.8
Cereales y barbecho	32.3	0.8	18.7	0.8	0.0	0.8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	1.317.0	32.6	762.8	32.6	0.0	32.6
Forrajeras anuales	56.6	1.4	32.8	1.4	0.0	1.4
SUBTOTAL SECANO	**4.040.0**	**100.0**	**2.340.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	1.140.0	20.8	2.840.0	51.7	5.180.0	94.3
Subtotal Secano	4.040.0	73.5	2.340.0	42.6	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	313.1	5.7	313.1	5.7	313.1	5.7
TOTAL	**5.493.1**	**100.0**	**5.493.1**	**100.0**	5.493.1	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	777,0	614,3	486,4	487,5	2.365,1
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	827,2	692,0	461,6	360,0	2.340,8

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(2)}$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(3)}$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$
$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2\ posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 1,2, 3,5 y 5,0 hm³.

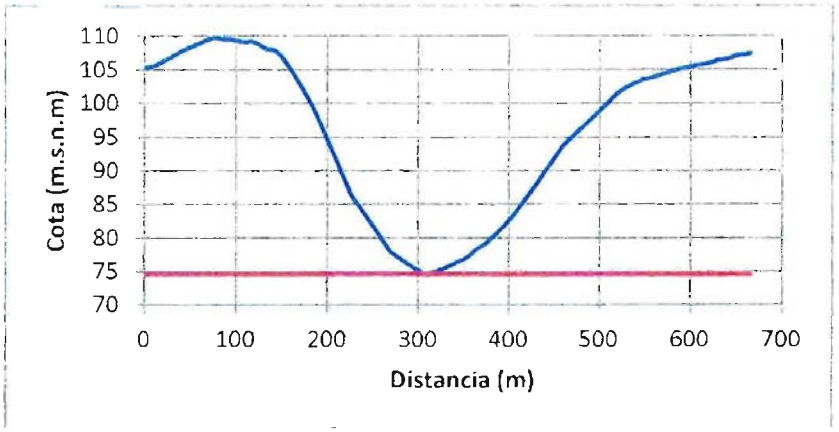
Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil

transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.

- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar Topography Mission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

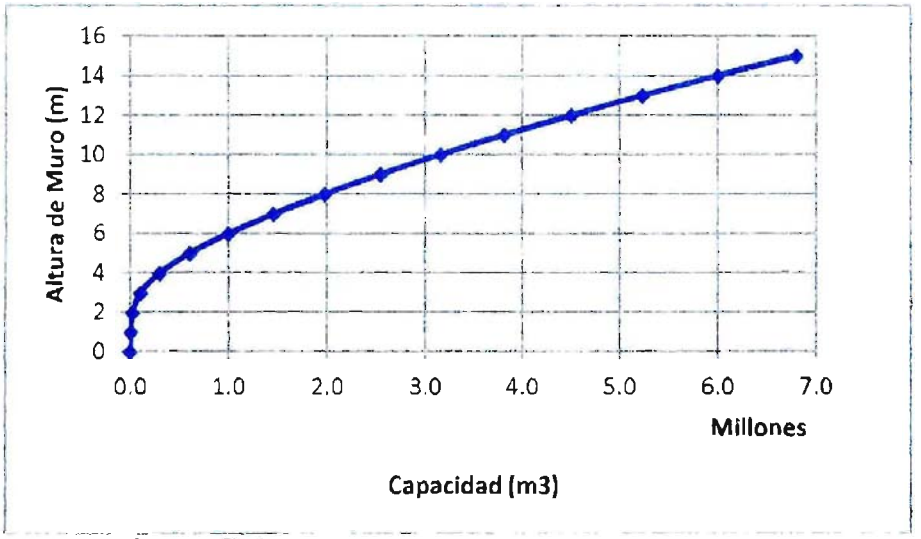
dónde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

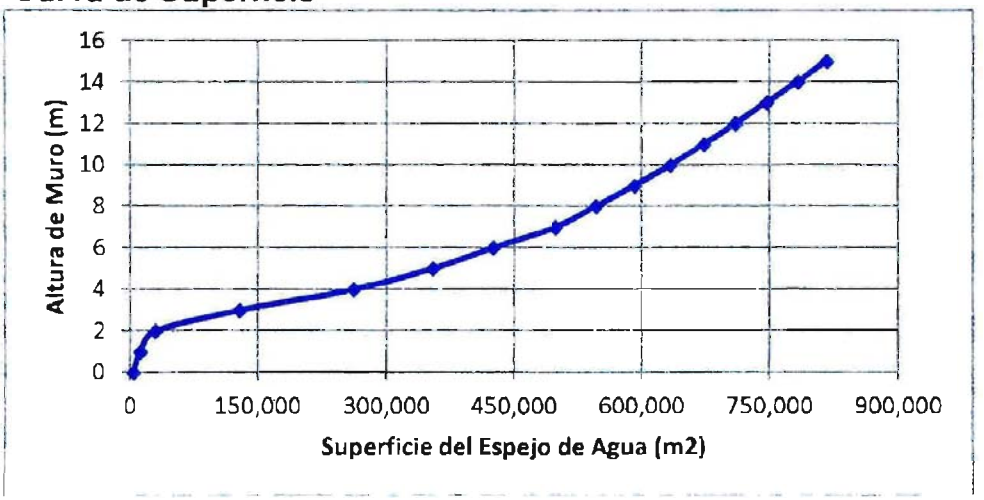
Z = altura de la presa, en pies

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

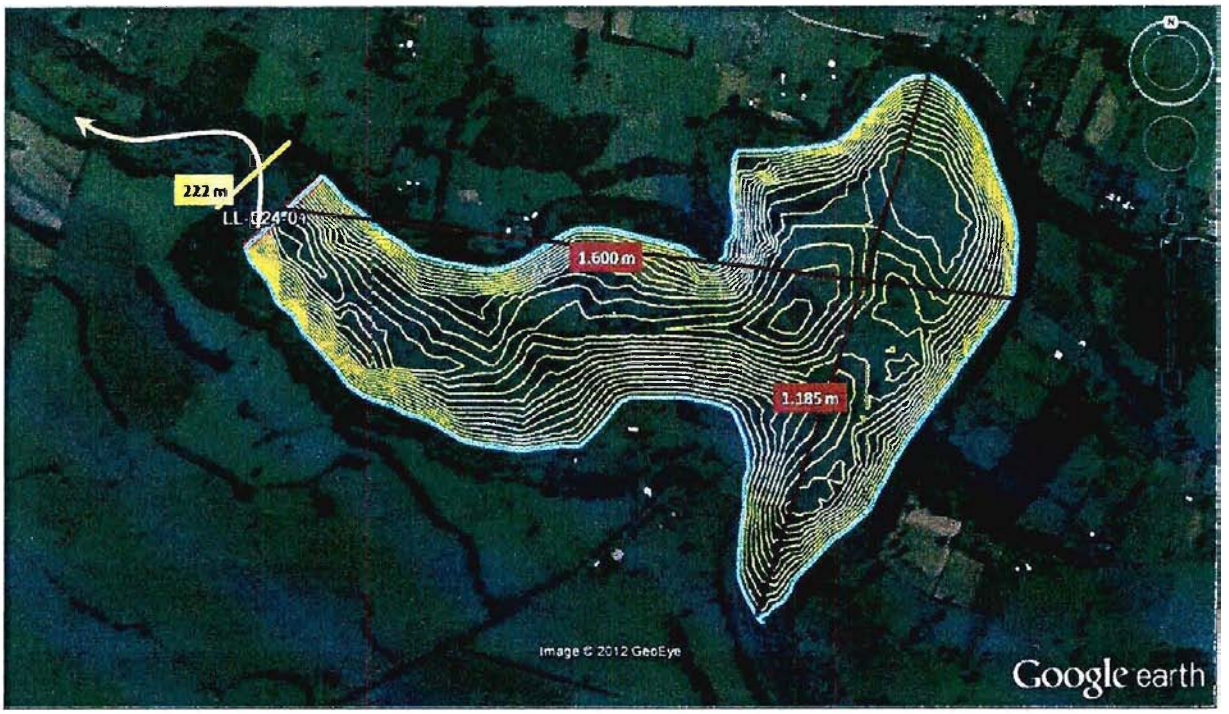


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

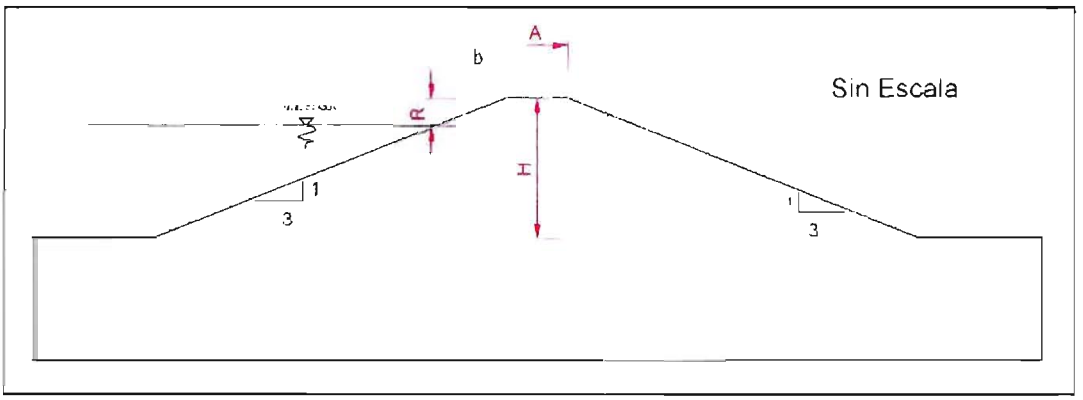
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
1,2	6,7	8,0	86,0	5,0	3,0	2,5
3,5	10,5	12,5	90,5	5,5	3,0	2,5
5,0	12,6	14,7	92,7	6,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
1,2	1,500
5,0	1,209

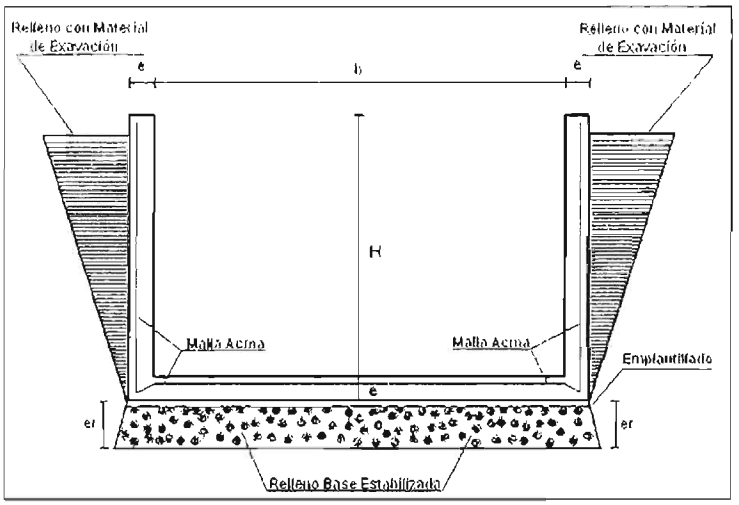
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdida por infiltración, se ha proyectado preliminarmente,dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

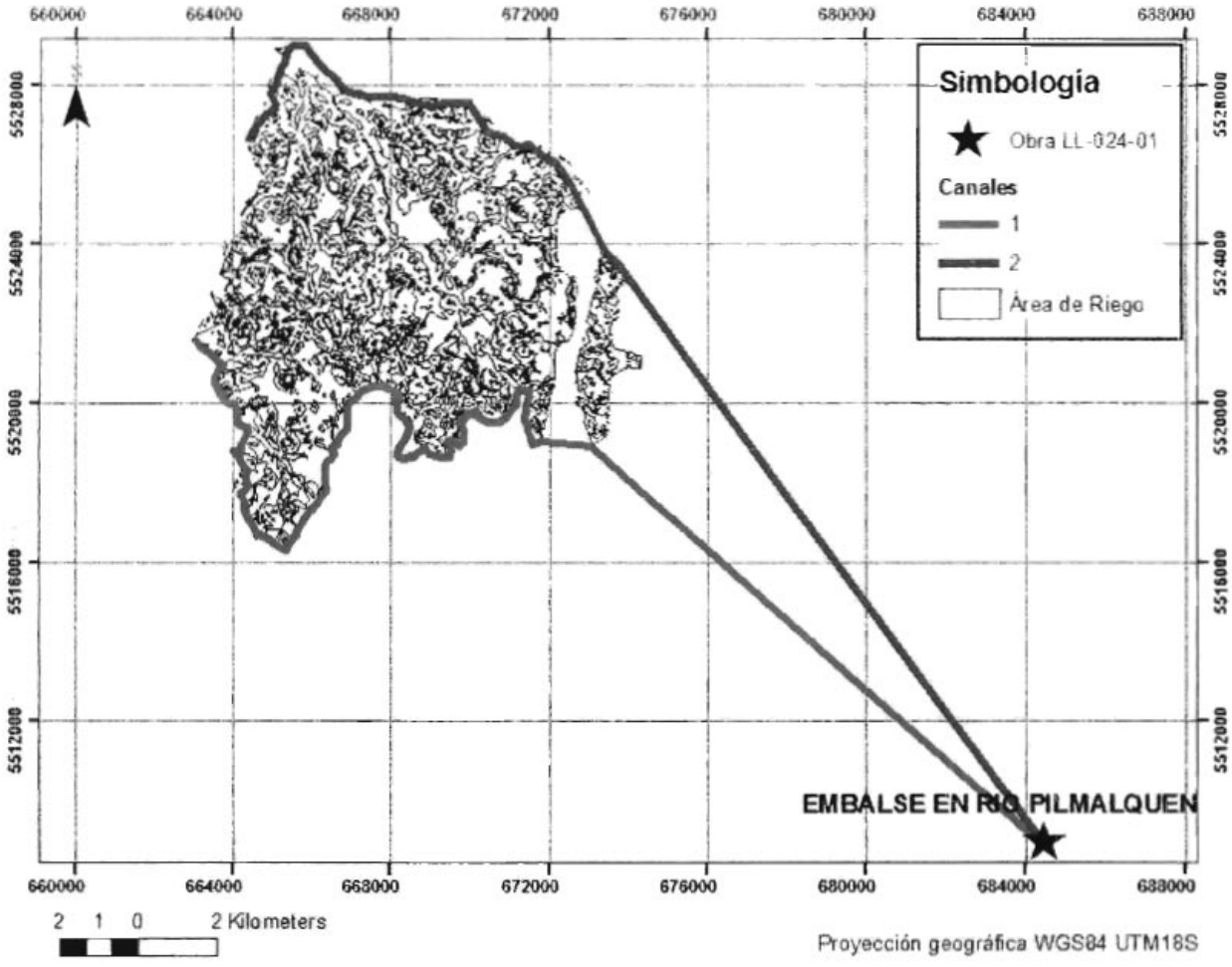
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm^3)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
1,2	1.140	26,8	26,7	0,6	0,8	0,8	15	15
3,5	2.840	33,4	33,8	1,6	1,1	1,1	15	15
5,5	5.180	38,8	40,0	2,6	1,3	1,3	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2 MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 192,8 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

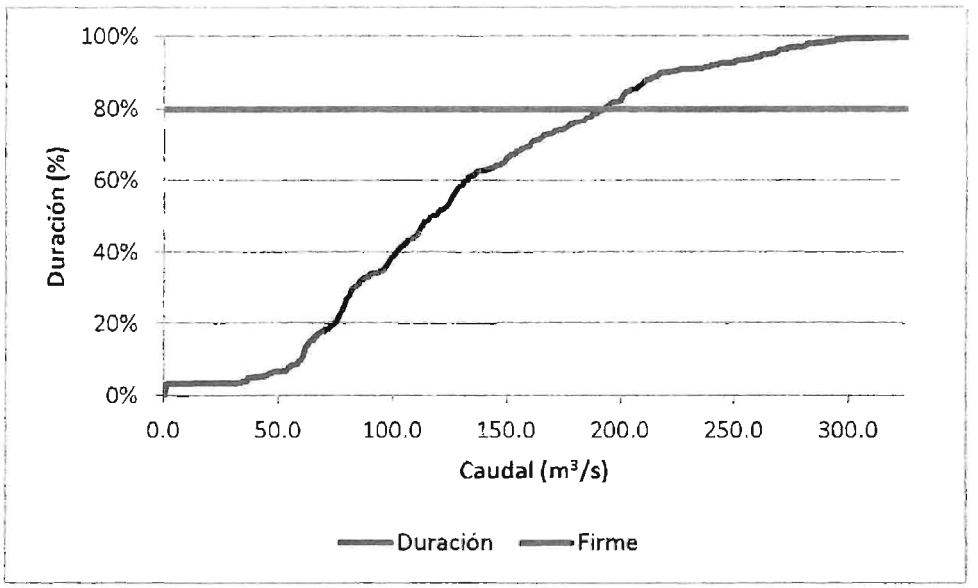
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
1,2	6,7	102	833,2
3,5	10,5	162	1.304,2
5,5	12,6	194	1.549,8

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 1,2 hm³ / h= 8,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	12.281	1.500	1.320	18.421.500	16.210.920
m³	Excavaciones	3.946	5.000	4.800	19.730.000	18.940.800
m³	Relleno de la presa	27.625	4.000	3.840	110.500.000	106.080.000
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.204	50.000	48.000	110.200.000	105.792.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	12.281	1.500	1.320	18.421.500	16.210.920
Total Muro					**277.366.500**	**265.168.420**
Volumen = 3,5 hm³ / h=12,5 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	1.500	1.320	31.171.500	27.430.920	1.500
m³	Excavaciones	5.000	4.800	37.595.000	36.091.200	5.000
m³	Relleno de la presa	4.000	3.840	355.816.000	341.583.360	4.000
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	50.000	48.000	232.200.000	222.912.000	50.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	3.500	3.430	39.014.500	38.234.210	3.500
Total Muro					**695.797.000**	**666.251.690**
Volumen = 5,0 hm³ / h=14,7 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	24.937	1.500	1.320	37.405.500	32.916.840
m³	Excavaciones	9.265	5.000	4.800	46.325.000	44.472.000
m³	Relleno de la presa	118.937	4.000	3.840	475.748.000	456.718.080
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	5.837	50.000	48.000	291.850.000	280.176.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	14.010	3.500	3.430	49.035.000	48.054.300
Total Muro					**900.363.500**	**862.337.220**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Muro 1= 1m2 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	7.459	12.594	11.335	93.938.646	84.544.781
m³	Hormigón H-30	20.464	99.523	94.547	2.036.613.791	1.934.783.102
m²	Malla Acma C-295	136.425	7.877	7.719	1.074.619.725	1.053.127.331
m²	Moldajes 3 usos	62.417	8.834	7.951	551.388.833	496.249.950
m²	Aplicación Antisol	42.800	255	230	10.914.000	9.822.600
m	Juntas de dilatación	25.680	5.994	5.395	153.925.920	138.533.328
Total Sistema Distribución					**3.921.400.916**	**3.717.061.092**
Muro 1= 3,5 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	12.695	12.594	11.335	159.880.830	143.892.747
m³	Hormigón H-30	34.776	99.523	94.547	3.461.011.848	3.287.961.256
m²	Malla Acma C-295	231.840	7.877	7.719	1.826.203.680	1.789.679.606
m²	Moldajes 3 usos	105.280	8.834	7.951	930.043.520	837.039.168
m²	Aplicación Antisol	73.920	255	230	18.849.600	16.964.640
m	Juntas de dilatación	44.352	5.994	5.395	265.845.888	239.261.299
Total Sistema Distribución					**6.661.835.366**	**6.314.798.716**
Muro 3= 5,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	17.487	12.594	11.335	220.231.278	198.208.150
m³	Hormigón H-30	47.871	99.523	94.547	4.764.265.533	4.526.052.256
m²	Malla Acma C-295	319.140	7.877	7.719	2.513.865.780	2.463.588.464
m²	Moldajes 3 usos	144.467	8.834	7.951	1.276.218.533	1.148.596.680
m²	Aplicación Antisol	102.440	255	230	26.122.200	23.509.980
m	Juntas de dilatación	61.464	5.994	5.395	368.415.216	331.573.694
Total Sistema Distribución					**9.169.118.540**	**8.691.529.225**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3 MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
1,2	102,0	246.539.100	10.913	510.000
3,5	162,0	391.562.100	17.332	810.000
5,0	194,0	468.907.700	20.755	970.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4 EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo E. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
1,2	48,3	218.240.749,0
3,5	70,6	319.002.005,0
5,0	80,2	362.379.048,0

Fuente: Elaboración propia

5.5 RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 1,2 hm^3		
Ítem	Mercado ($)	Social ($)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	277.366.500	265.168.420
Obra de Desvío	27.736.650	26.516.842
Obra de Toma	13.868.325	13.258.421
Vertedero	97.078.275	92.808.947
Sistema de Distribución	3.921.400.916	3.717.061.092
Caminos de Acceso	27.736.650	26.516.842
TOTAL COSTO DIRECTO	**4.375.187.316**	**4.151.330.564**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**2.625.112.389**	**2.490.798.338**
Minicentral Hidroeléctrica	246.539.100	246.539.100
TOTAL COSTO DIRECTO	246.539.100	246.539.100
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	86.288.685	86.288.685
EXPROPIACIONES	218.240.749	218.240.749
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	7.551.368.239	7.193.197.436
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	334.261	318.407
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	15.621.043	14.880.117

Volumen = 3,5 hm^3		
Ítem	Mercado ($)	Social ($)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	695.797.000	666.251.690
Obra de Desvío	69.579.700	66.625.169
Obra de Toma	34.789.850	33.312.585
Vertedero	243.528.950	233.188.092
Sistema de Distribución	6.661.835.366	6.314.798.716
Caminos de Acceso	69.579.700	66.625.169
TOTAL COSTO DIRECTO	**7.785.110.566**	**7.390.801.420**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**4.671.066.340**	**4.434.480.852**
Minicentral Hidroeléctrica	391.562.100	391.562.100
TOTAL COSTO DIRECTO	391.562.100	391.562.100
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	137.046.735	137.046.735
EXPROPIACIONES	319.002.005	319.002.005
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	13.303.787.746	12.672.893.112
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	588.892	560.966
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	27.520.713	26.215.621

Volumen = 5,0 hm^3		
Ítem	Mercado ($)	Social ($)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	900.363.500	862.337.220

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	90.036.350	86.233.722
Obra de Toma	45.018.175	43.116.861
Vertedero	315.127.225	301.818.027
Sistema de Distribución	9.169.118.540	8.691.529.225
Caminos de Acceso	90.036.350	86.233.722
TOTAL COSTO DIRECTO	**10.619.700.140**	**10.081.268.777**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**6.371.820.084**	**6.048.761.266**
Minicentral Hidroeléctrica	2.661.172.050	2.661.172.050
TOTAL COSTO DIRECTO	**2.661.172.050**	**2.661.172.050**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	468.907.700	468.907.700
EXPROPIACIONES	468.907.700	468.907.700
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	164.117.695	164.117.695
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	362.379.048	362.379.048
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	17.986.924.668	17.125.434.487

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6 EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros

básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73 032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1 208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Margen Neto SAO	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	180.863.297	180.863.297	0	180.863.297	0	180.863.297	0
1	182.173.540	-1.248.092.105	-1.430.265.646	-2.308.827.948	-2.491.001.488	-3.768.899.636	-3.951.073.177
2	182.173.540	-1.541.156.580	-1.723.330.120	-3.040 099.154	-3.222.272.694	-5.103.349.520	-5.285.523.060
3	182.173.540	-2.232.416.792	-2.414.590.333	-4.765.282.812	-4.947.456.352	-8.251.698.392	-8.433.871.932
4	182.173.540	-1.130.618.510	-1.312.792.051	-2.016.446.853	-2.198.620.394	-3.235.763.513	-3.417.937.053
5	182.173.540	-985.002.458	-1.167.175.998	-1.473.862.167	-1.656.035.708	-2.146.763.179	-2.328.936.720
6	156.902.901	-232.834.016	-389.736.917	960.553.889	803.650.988	2.603.217.241	2.446.314.340
7	170.220.420	1.520.425.026	1.350.204.606	4.059.279.312	3.889.058.891	7.553.937.564	7.383.717.143
8	169.448.534	2.367.090.404	2.197.641.871	6.172.668.140	6.003.219.607	11.410.933.965	11.241.485.431
9	171.246.285	2.924.114.347	2.752.868.061	7.559.639.208	7.388.392.922	13.940.302.840	13.769.056.555
10	173.982.186	3.475.614.027	3.301.631.841	8.928.793.962	8.754.811.776	16.434.935.755	16.260.953.569
11	178.225.010	3.781.326.271	3.603.101.261	9.683.953.808	9.505.728.798	17.808.747.005	17.630.521.995
12	179.178.349	3.782.493.176	3.603.314.827	9.685.120.712	9.505,942.363	17.809.913 910	17.630.735.561
13	180.863.297	3.784.486.332	3.603.623.035	9.687.113.869	9.506.250.572	17.811.907.066	17.631.043.769
14	182.173.540	2.446.451.666	2.264.278.126	6.345.894.577	6.163.721.037	11.713.363.054	11.531.189.514
15	182.173.540	900.073.535	717.899.995	2.487.246.501	2.305.072.960	4.671.943.406	4.489.769.866
16	182.173.540	-1.780.920.733	-1.963.094.273	-4 202 587.741	-4.384.761.282	-7.535.941.153	-7.718.114.693
17	173.299.478	-538.898.017	-712.197.494	-1 087.086.104	-1.260.385.582	-1.841.650.884	-2.014.950.361
18	180.008.647	-212.249.836	-392.258.483	-282.042.879	-462.051.526	-378.110.950	-558.119.597
19	163.490.355	612.754.040	449.263.685	1.803.977.951	1.640.487.596	3.443.662.628	3.280.172.273
20	170.278.075	1.520.470.036	1.350.191.961	4.059.305.382	3.889.027.307	7.553.937.564	7.383.659 489
21	170.211.227	2.368.875.506	2.198.664.279	6.173.702.085	6.003.490.858	11.410.933.965	11.240.722 738
22	173.353.524	2.927.341.691	2.753.988.167	7.561.508.511	7.388.154.987	13.940.302.840	13.766.949.317
23	175.506.102	3.477.196.300	3.301.690.198	8.929.710.427	8.754.204.326	16.434.935.755	16.259 429.654
24	178.225.010	3.781.326.271	3.603.101.261	9.683.953.808	9.505.728.798	17.808.747.005	17.630.521.995
25	179.178.349	3.782.493.176	3.603.314.827	9.685.120.712	9.505.942.363	17.809.913.910	17.630.735.561
26	180.863.297	3.784.486.332	3.603.623.035	9.687.113.869	9.506.250.572	17.811.907.066	17.631.043.769
27	182.173.540	2.446.451.666	2.264.278.126	6.345.894.577	6.163.721.037	11.713.363.054	11.531.189.514
28	173.299.478	891.563.491	718.264.013	2.482.317.416	2.309.017.938	4.671.943.406	4.498.643.929
29	180.008.647	-1.784.193.087	-1.964.201 734	-4.204 483.115	-4.384.491.762	-7.535.941.153	-7.715.949.800
30	179.886.931	-533 755.348	-713.642.279	-1.084 107.430	-1.263.994.361	-1.841.650.884	-2.021.537.815

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Margen Neto SAO	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	286.886.070	286.886.070	0	286.886.070	0	286.886.070	0
1	288.589.888	-1.113.630.726	-1.402.220.614	-2.160.415.998	-2.449.005.886	-3.601.285.138	-3.889.875.026
2	288.589.888	-1.379.155.669	-1.667.745.557	-2.825.986.784	-3.114.576.672	-4.817.507.260	-5.106.097.148
3	288.589.888	-1.998.312.058	-2.286.901.946	-4.371.261.582	-4.659.851.470	-7.637.556.809	-7.926.146.697
4	288.589.888	-868.480.276	-1.157.070.164	-1.552.474.162	-1.841.064.050	-2.493.971.629	-2.782.561.517
5	288.589.888	-584.987.866	-873.577.754	-665.849.212	-954.439.100	-777.152.476	-1.065.742.364
6	261.769.417	327.918.057	66.148.641	2.126.123.963	1.864.354.546	4.601.301.503	4.339.532.086
7	273.844.691	2.149.399.313	1.875.554.621	5.460.471.754	5.186.627.062	10.018.065.584	9.744.220.893
8	273.497.467	3.103.508.753	2.830.011.286	7.823.636.885	7.550.139.419	14.320.754.432	14.047.256.966
9	275.985.824	3.762.551.395	3.486.565.570	9.468.242.860	9.192.257.036	17.321.959.348	17.045.973.524
10	279.150.930	4.406.054.028	4.126.903.098	11.069.997.985	10.790.847.055	20.242.720.844	19.963.569.914
11	283.700.238	4.781.283.586	4.497.583.329	11.998.635.348	11.714.935.110	21.933.107.800	21.649.407.562
12	284.908.301	4.786.350.338	4.501.442.037	12.002.988.963	11.718.080.662	21.936.479.777	21.651.571.475
13	286.886.070	4.787.762.058	4.500.875.988	12.004.400.683	11.717.514.613	21.937.891.497	21.651.005.427
14	288.589.888	3.299.301.264	3.010.711.376	8.286.870.333	7.998.280.445	15.152.112.464	14.863.522.576
15	288.589.888	1.511.067.082	1.222.477.194	3.821.711.249	3.533.121.361	7.002.244.986	6.713.655.098
16	288.589.888	-1.546.815.998	-1.835.405.886	-3.808.566.511	-4.097.156.399	-6.921.799.570	-7.210.389.458
17	280.298.215	-268.249.739	-548.547.953	-618.164.329	-898.462.544	-1.099.859.000	-1.380.157.215
18	286.011.603	182.869.202	-103.142.401	523.134.533	237.122.930	991.499.753	705.488.150
19	267.407.341	1.164.655.844	897.248.503	2.964.421.878	2.697.014.537	5.441.746.890	5.174.339.549
20	274.196.482	2.153.800.707	1.879.604.225	5.463.021.076	5.188.824.594	10.018.065.584	9.743.869.102
21	274.593.998	3.103.783.387	2.829.189.389	7.823.795.956	7.549.201.957	14.320.754.432	14.046.160.434
22	278.212.319	3.764.623.113	3.486.410.795	9.469.442.816	9.191.230.498	17.321.959.348	17.043.747.029
23	280.708.147	4.409.486.994	4.128.778.847	11.071.986.386	10.791.278.239	20.242.720.844	19.962.012.697
24	283.700.238	4.782.978.361	4.499.278.124	11.999.616.986	11.715.916.749	21.933.107.800	21.649.407.562
25	284.908.301	4.786.350.338	4.501.442.037	12.002.988.963	11.718.080.662	21.936.479.777	21.651.571.475
26	286.886.070	4.787.762.058	4.500.875.988	12.004.400.683	11.717.514.613	21.937.891.497	21.651.005.427
27	288.589.888	3.299.301.264	3.010.711.376	8.286.870.333	7.998.280.445	15.152.112.464	14.863.522.576
28	280.298.215	1.511.067.082	1.230.768.867	3.821.711.249	3.541.413.035	7.002.244.986	6.721.946.771
29	286.011.603	-1.554.983.905	-1.840.995.508	-3.813.297.428	-4.099.309.031	-6.921.799.570	-7.207.811.173
30	285.936.139	-271.957.339	-557.893.478	-620.331.801	-906.267.940	-1.099.859.000	-1.385.795.139

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de

seguridad son: goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
1,2	639.162.880	610.579.814	1.265.583.878	1.199.842.905
3,5	836.530.576	800.057.724	1.385.607.652	1.313.851.885
5,0	1.104.028.490	1.056.610.908	1.572.550.721	1.491.068.256

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Costo MCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
1,2	102,0	332.827.785
3,5	162,0	528.608.835
5,0	194,0	633.025.395

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto no es rentable a precios privados. Por otra parte a precios sociales es rentable. Para el caso con generación hidroeléctrica, el proyecto sólo es rentable a precios sociales, pero con indicadores de rentabilidad de menor valor, dado la baja generación del embalse. La evaluación se presenta en el Anexo F.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
1,2	-6.066,0	-0,87	6,7%	8.066,4	1,21	10,0%
3,5	-2.410,6	-0,19	11,0%	35.986,3	3,04	14,4%
5,0	6.025,7	0,35	13,6%	77.832,6	4,83	17,3%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
1,2	-5.312,0	-0,72	7,4%	9.597,0	1,38	10,6%
3,5	-1.330,1	-0,10	11,4%	38.217,5	3,09	14,8%
5,0	7.230,9	0,41	13,9%	80.353,0	4,79	17,5%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 5,0hm³, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 5.180 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH, aunque a nivel de perfil no es tan interesante como el proyecto de riego, se requiere un análisis de mayor profundidad para en definitiva descartarlo.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN RÍO PILMAIQUÉN
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	2
3.1	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	8
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1.	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1.	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	30,9	50,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	67,0	40,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2,1	10,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,3	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	64,1	64,1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,8	0,8
Cereales y barbecho	0,8	0,8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	32,6	32,6
Forrajeras anuales	1,5	1,5
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
34,0	25,0	23,0	28,0	48,0	61,0	73,0	116,0	129,0	118,0	107,0	70,0	832,0

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	33,6	58,4	121,8	135,5	92,0	53,5	0,0	509,2
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	32,3	23,8	21,9	26,6	45,6	58,0	69,4	110,2	122,6	112,1	101,7	66,5	790,7
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	30,7	116,0	144,5	115,6	79,2	0,0	509,2

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
133,0	129,0	134,0	114,0	101,0	84,0	81,0	53,0	79,0	69,0	50,0	70,0	1.097,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,8	56,5	23,0	3,5	0,0	151,8
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,2	43,6	43,1	51,7	0,0	195,6
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	65,5	46,6	29,2	0,0	204,3

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	764,0	628,0	256,0	39,0	0,0	1.687,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	763,0	581,0	575,0	689,0	0,0	2.608,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1.400,0	1.456,0	1.036,0	649,0	0,0	4.541,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	777,0	614,3	486,4	487,5	0,0	2.365,1
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	827,2	692,0	461,6	360,0	0,0	2.340,8

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	**-**	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	**-**	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	**-**	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	**-**	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN RÍO PILMAIQUÉN
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse. -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 192,8 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

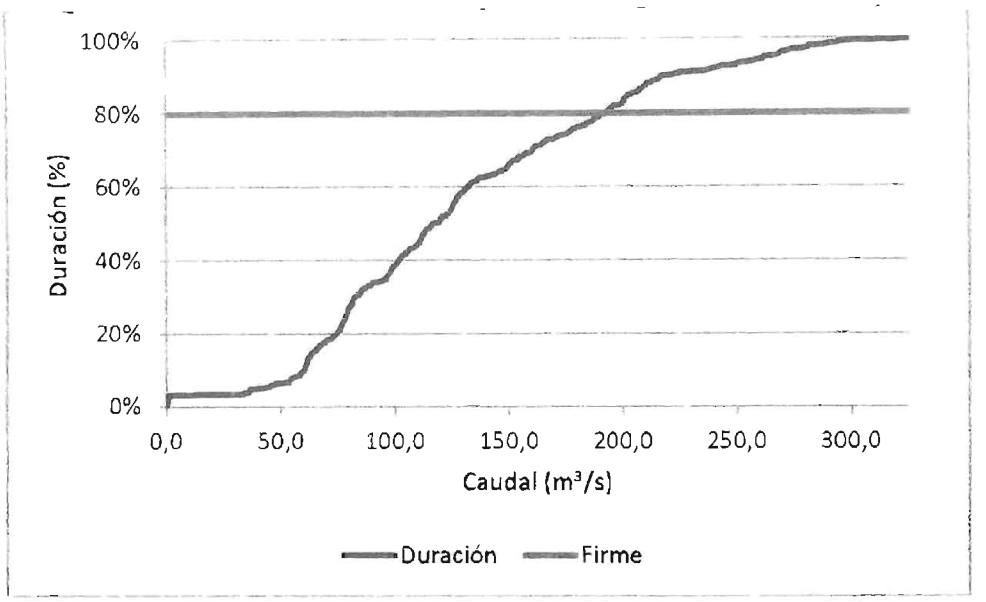
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	embalse
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN RÍO PILMAIQUÉN
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

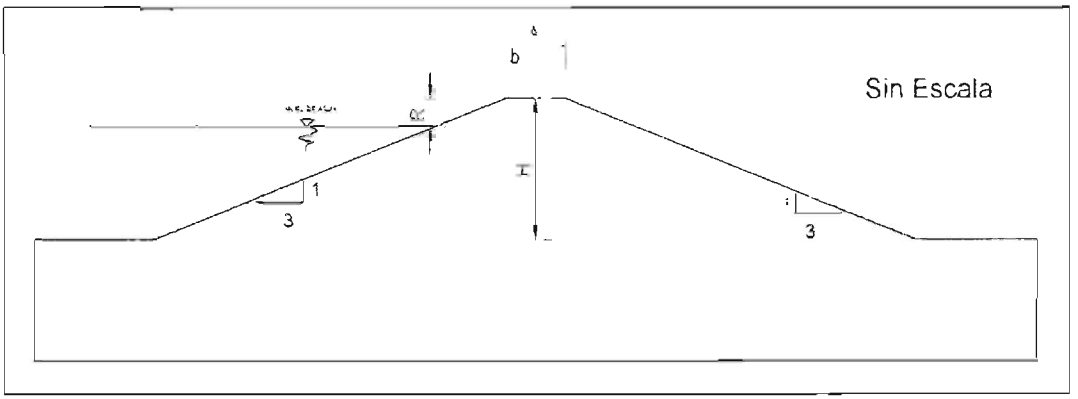
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
1,2	6,7	8,0	86	5,0	3,0	2,5
5,0	12,6	14,7	92,7	6,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
1,2	CL-SC	35	1,0	1,8	2,0
5,0	CL-SC	35	1,0	1,8	2,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

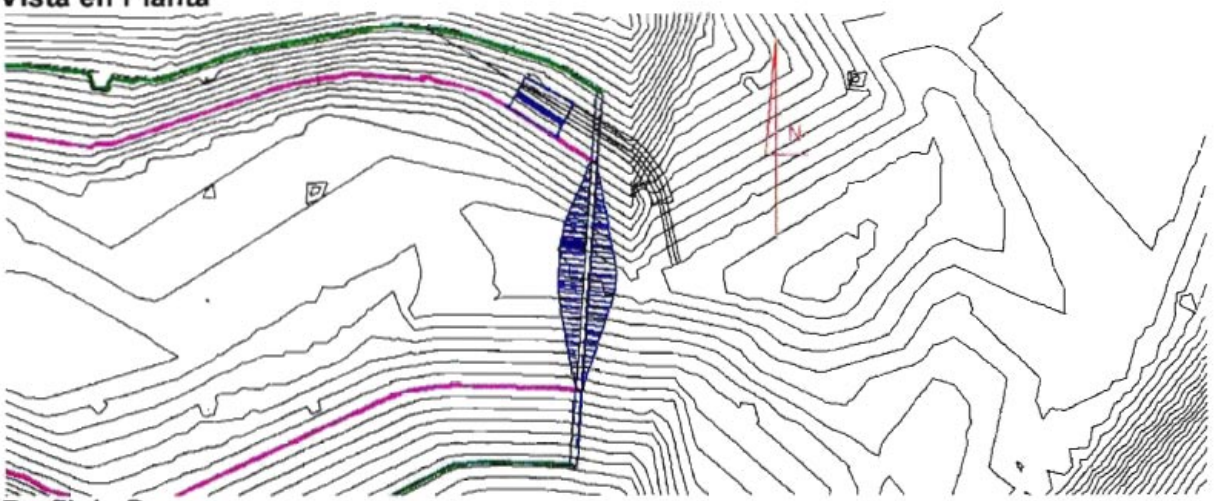
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
1,2	1,500
5,0	1,209

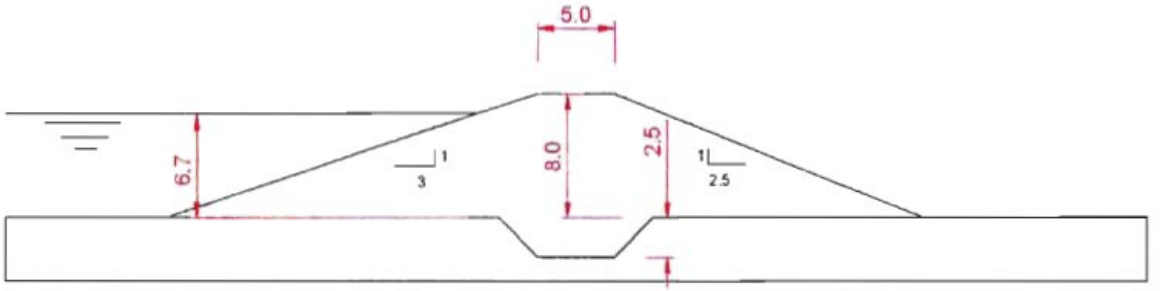
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 1,2 hm^3

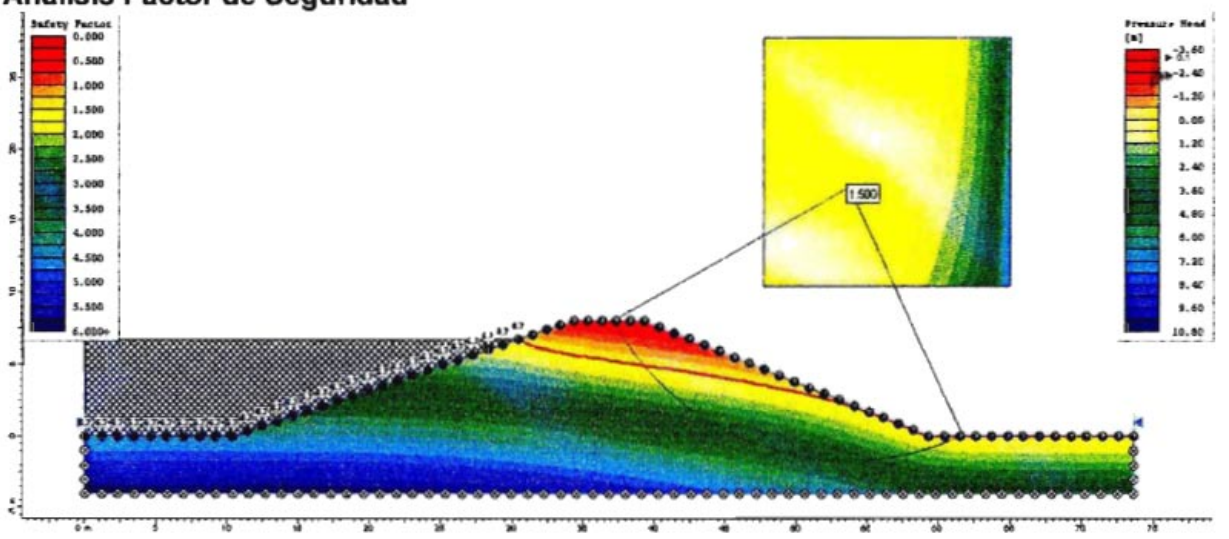
Vista en Planta



Perfil de Presa



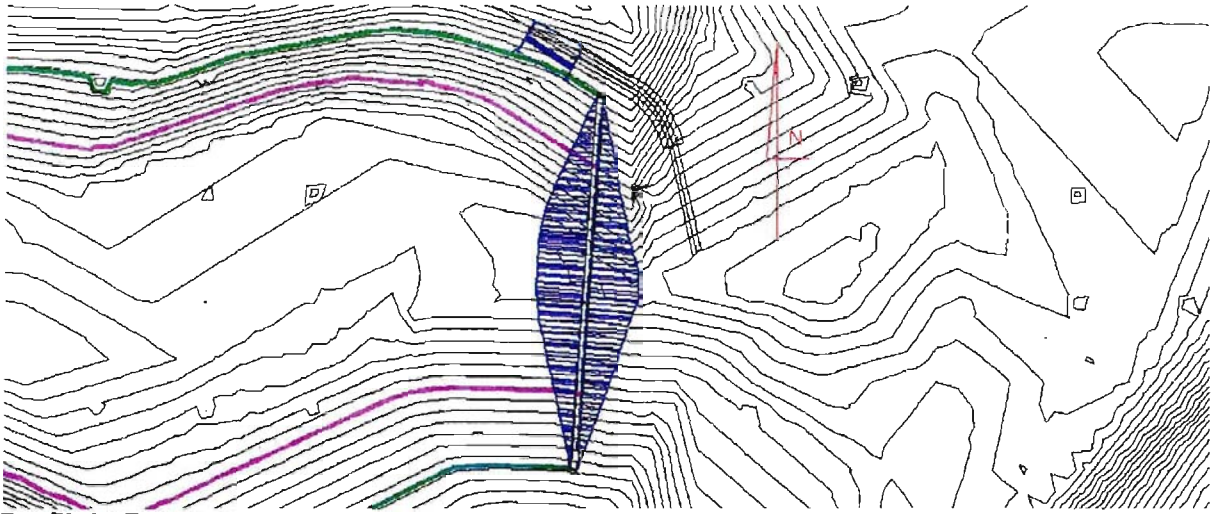
Análisis Factor de Seguridad



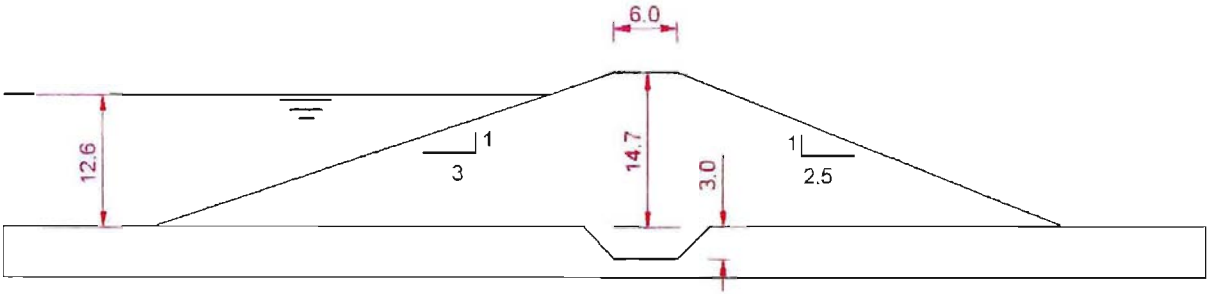
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 5,0 hm^3

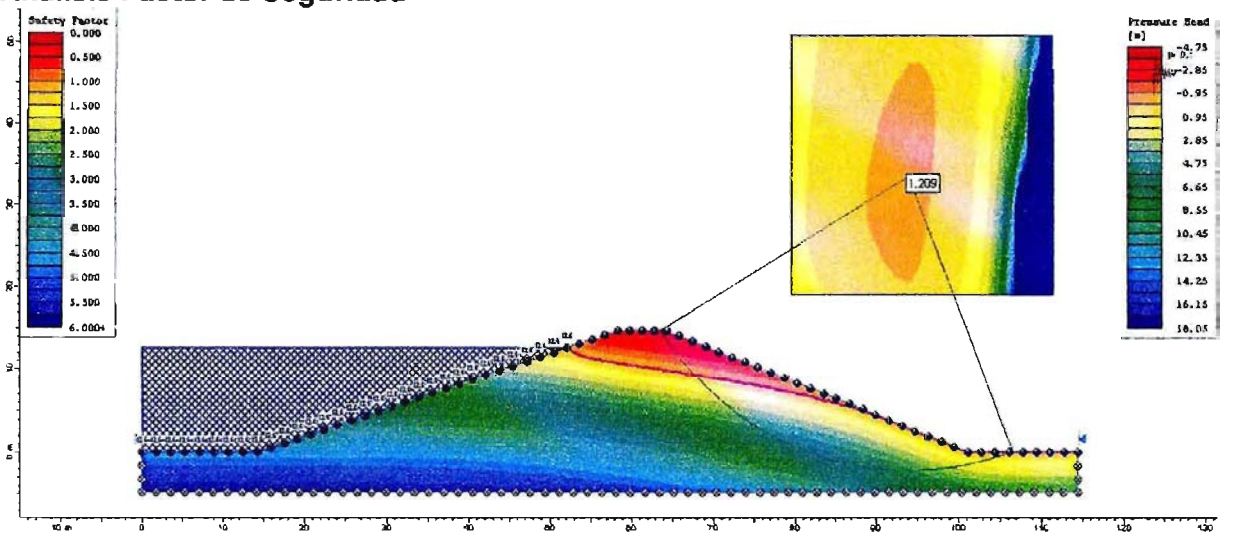
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

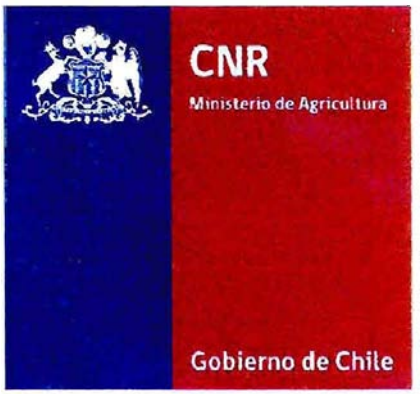
Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #7:

EMBALSE EN ESTERO EL ENCANTO



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN ESTERO EL ENCANTO (LL-035-01)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	**INTRODUCCIÓN**	**1**
2.	**DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**	**1**
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA	3
3.	**DIAGNÓSTICO**	**3**
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	15
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	15
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	15
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	16
3.6.3.	Demandas de Agua	17
3.7.	BALANCE HÍDRICO	18
4.	**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO**	**20**
4.1.	OBRAS CIVILES	20
4.1.1.	Embalse de Regulación	20
4.1.2.	Sistema de Distribución	24
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	26
5.	**PRESUPUESTO DE LAS OBRAS**	**27**
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	27
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	28
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	29
5.4.	EXPROPIACIONES	30
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	30
6.	**EVALUACIÓN ECONÓMICA**	**32**
6.1.	GENERALIDADES	32
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	33
6.3.	BENEFICIOS	33
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	33
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	41
6.4.	COSTOS	41
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	41
6.4.2.	Costos Obras Civiles	43
6.4.3.	Costo MCH	43
6.4.4.	Costos Ambientales	43
6.5.	RESULTADOS	43

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Estero El Encanto**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Estero El Encanto comuna de Osorno, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del estero El Encanto actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Estero El Encanto.

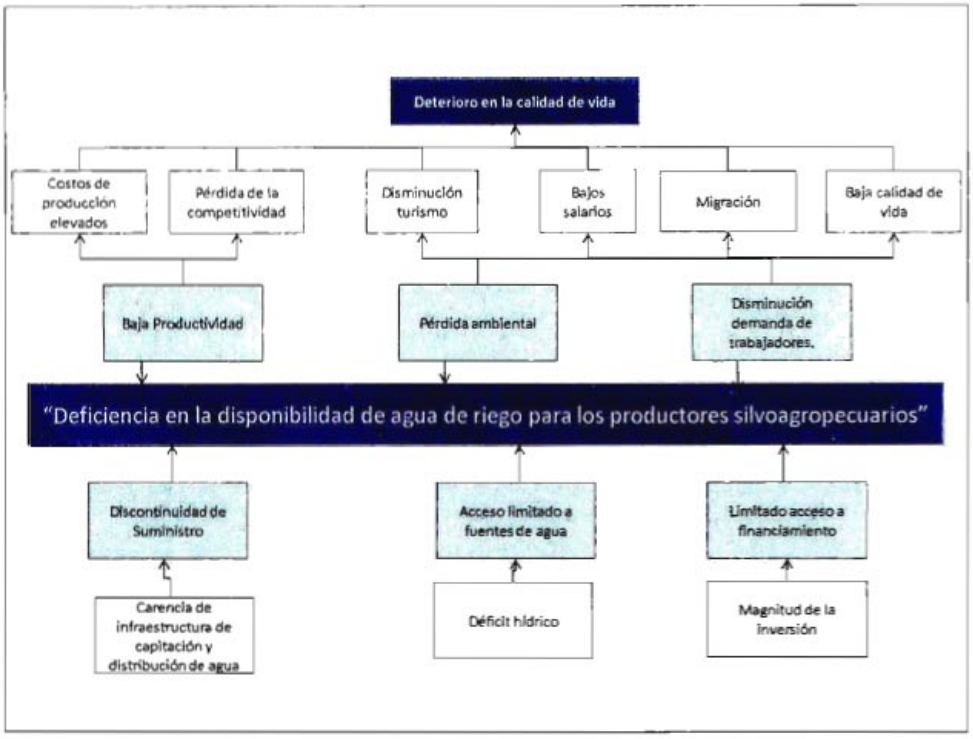
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del estero El Encanto, existen 10.000 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían sobre 4.100 ha potenciales de frutales, 5.700 ha potenciales de praderas, y cerca de 200 ha potenciales de cultivos anuales.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

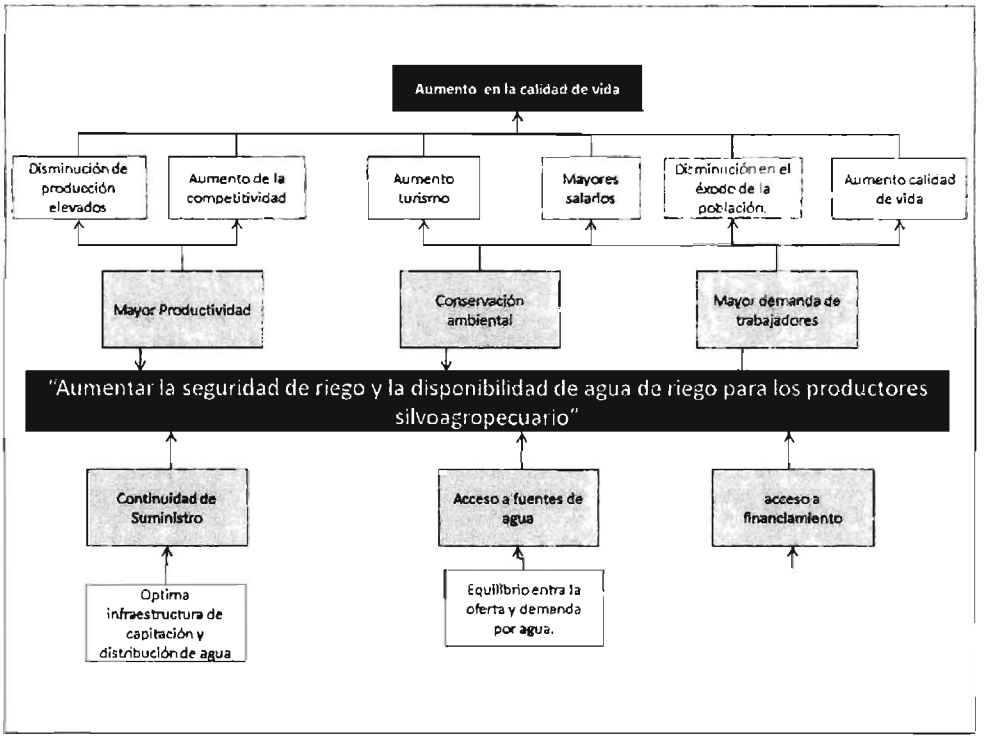


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema"en "Objetivo", los"Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines",obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Río Bueno, en la provincia de Osorno, Región de Los Lagos, Chile central (5.481.316N, 718.378E)la queocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es elrío Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

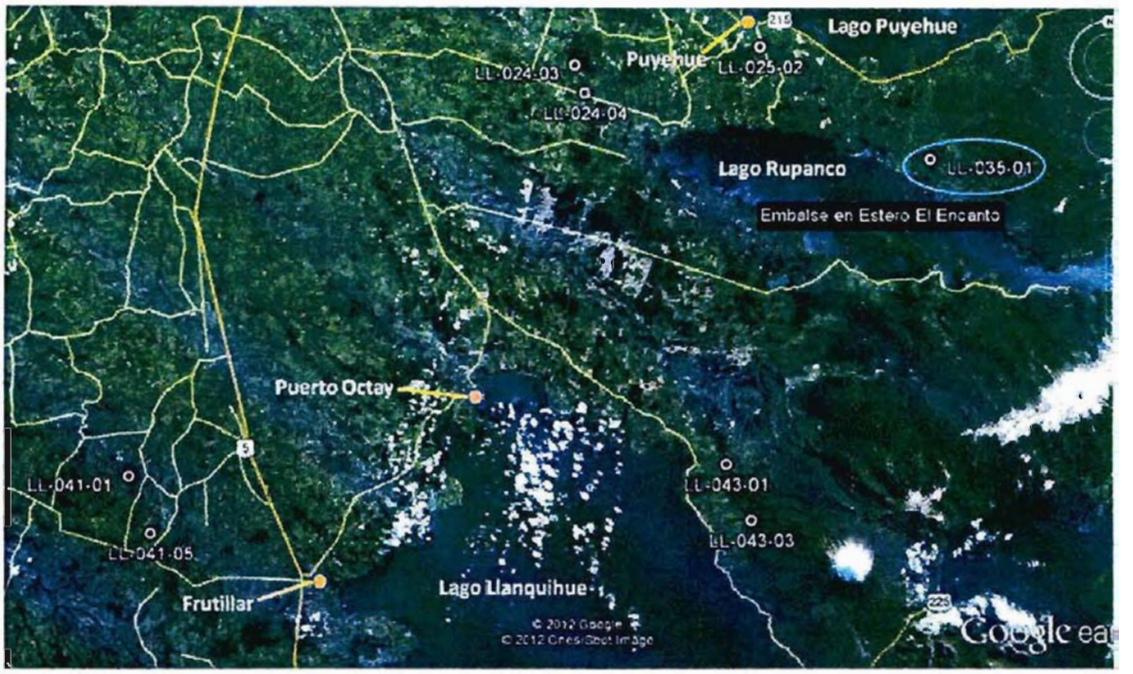
Según la clasificación del Altas Agroclimatológico de Chile (INEA, 1998), la provincia de Puerto Llanquihue presenta un Clima Marino Fresco principalmente, similar a la provincia de Osorno (INIA, 1998).

Se destaca el Agroclima Maullín en la zona costera continental y hasta el norte del borde costero oriental de la Isla Grande de Chiloé. El régimen térmico de este clima presenta una temperatura media anual de 10,9°C, máximas medias del mes más cálido de 20,1°C y una mínima del mes más frío de 4,0°C. Posee un periodo libre de heladas de ocho meses. En cuanto al régimen hídrico, se caracteriza por una precipitación anual de 1890 mm, presentando 277.0 mm en el mes de junio. La estación seca se ausenta (INIA, 1998). La zona de riego comienza unos 7 km aguas debajo del la zona de embalse. Corresponde a los sectores de Runca, Liguento y posiblemente Llastuco. Los terrenos son planos actualmente la mayoría para ganado, pero con frutales y aptitud agrícola. (Figura 3.1-1).

La zona de riego se encuentra al noroeste del posible emplazamiento de la obra y corresponde a la al poblado de El Encanto. Son terrenos de lomajes y algunos sectores de pendientes mas inclinadas. Predomina la actividad ganadera y existe agricultura de subsistencia. (Figura 3.2.4-4 y Figura 3.2.4-5).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 10.000 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Osorno y está compuesta por un total de 145.475 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Osorno	221.509	50%	50%
Comuna de Osorno	145.475	49%	51%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un91% de la población de la comuna vive en la ciudad y el 9% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Osorno es de un 14,62 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Osorno	Región	País
Pobre Indigente	5.654	5.651	1.155	0,71	2,43	3,74
Pobre no Indigente	30.621	24.365	22.591	13,91	11,76	11,38
No Pobre	114.535	123.706	138.630	85,38	85,8	84,88
Total	150.810	153.722	162.376	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

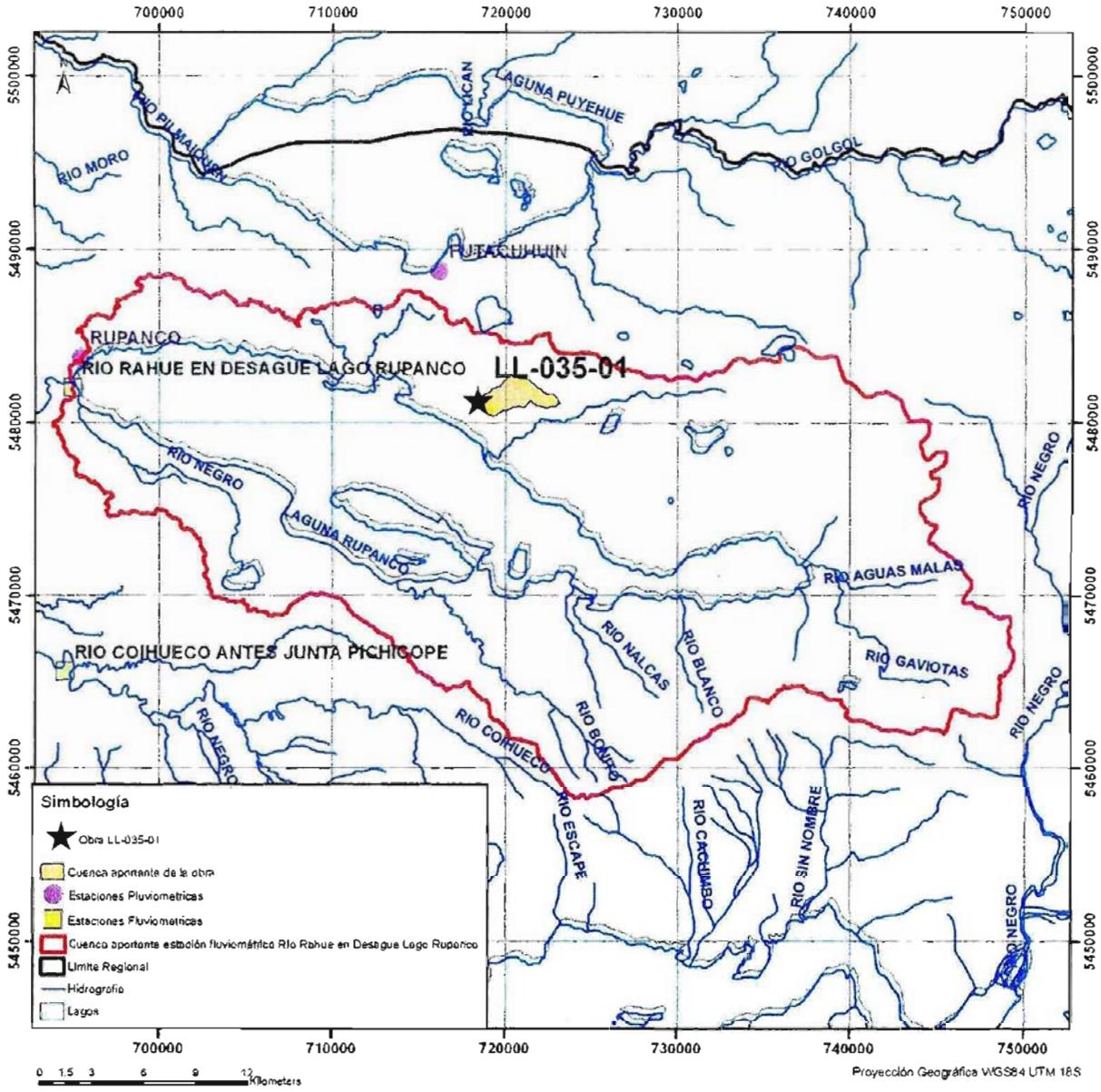
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.992 mm y un caudal medio de 280 L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco. Los caudales no pueden caracterizarse por la estación Río Rahue en Desagüe Lago Rupanco ya que están afectados por el efecto del lago.

En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

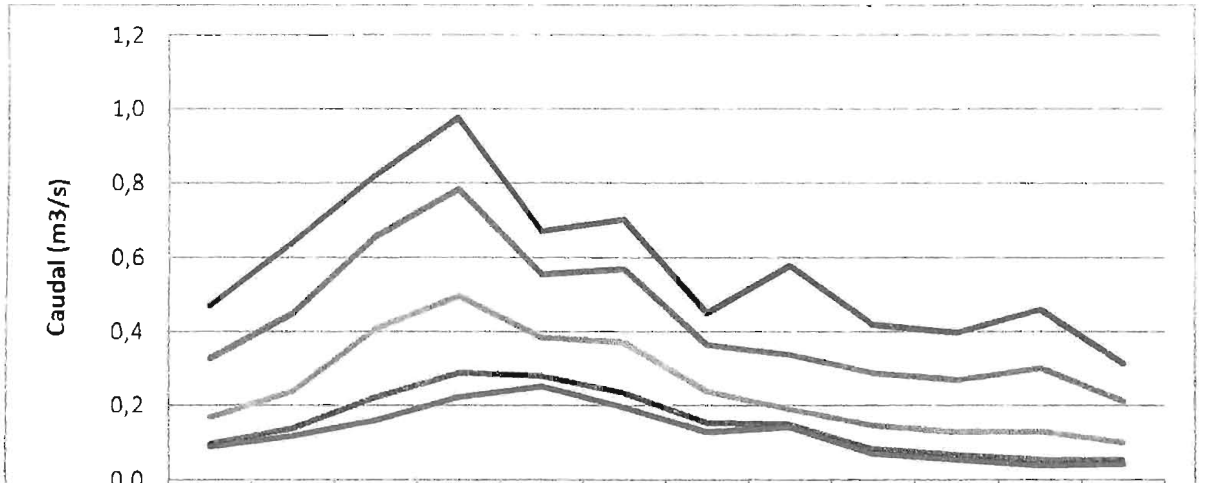
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTERO EL ENCANTO



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
5%	0,47	0,64	0,82	0,98	0,67	0,70	0,45	0,58	0,42	0,40	0,46	0,31
15%	0,33	0,45	0,66	0,79	0,56	0,57	0,37	0,34	0,29	0,27	0,30	0,21
50%	0,17	0,24	0,41	0,50	0,39	0,37	0,24	0,19	0,15	0,13	0,13	0,10
85%	0,10	0,14	0,22	0,29	0,28	0,24	0,16	0,15	0,08	0,07	0,06	0,05
95%	0,09	0,12	0,16	0,22	0,25	0,20	0,13	0,14	0,07	0,06	0,04	0,04

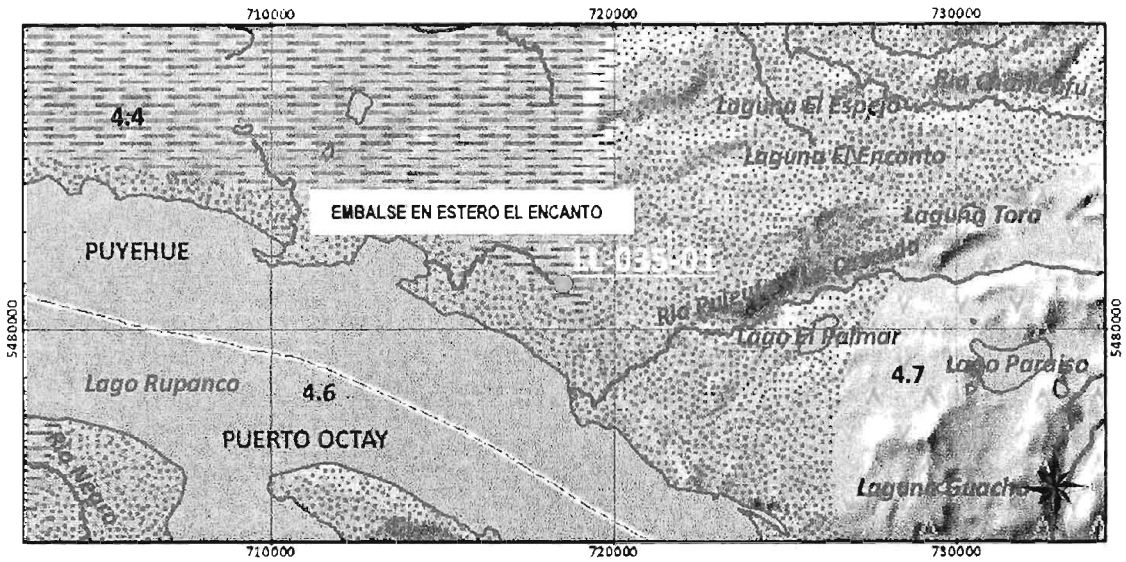
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad 4.6 Subregión Lacustre de barrera morrénica. Conforman una franja norte sur con un conjunto de relieves positivos alongados y depresiones encadenadas, circunscritas a los márgenes y frentes de los lagos precordilleranos y cordilleranos de la región. En la Figura 3.5.1-1 se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL



IV Región Central Lacustre y del Llano Glacio Volcánico

4.4 Llano Central con cuencas de ablación y conos de solifluxión periglacial

4.6 Subregión lacustre de barrera morrénica

4.7 Cordillera Volcánica activa

Límite Comunal

Lineamientos y Estructuras

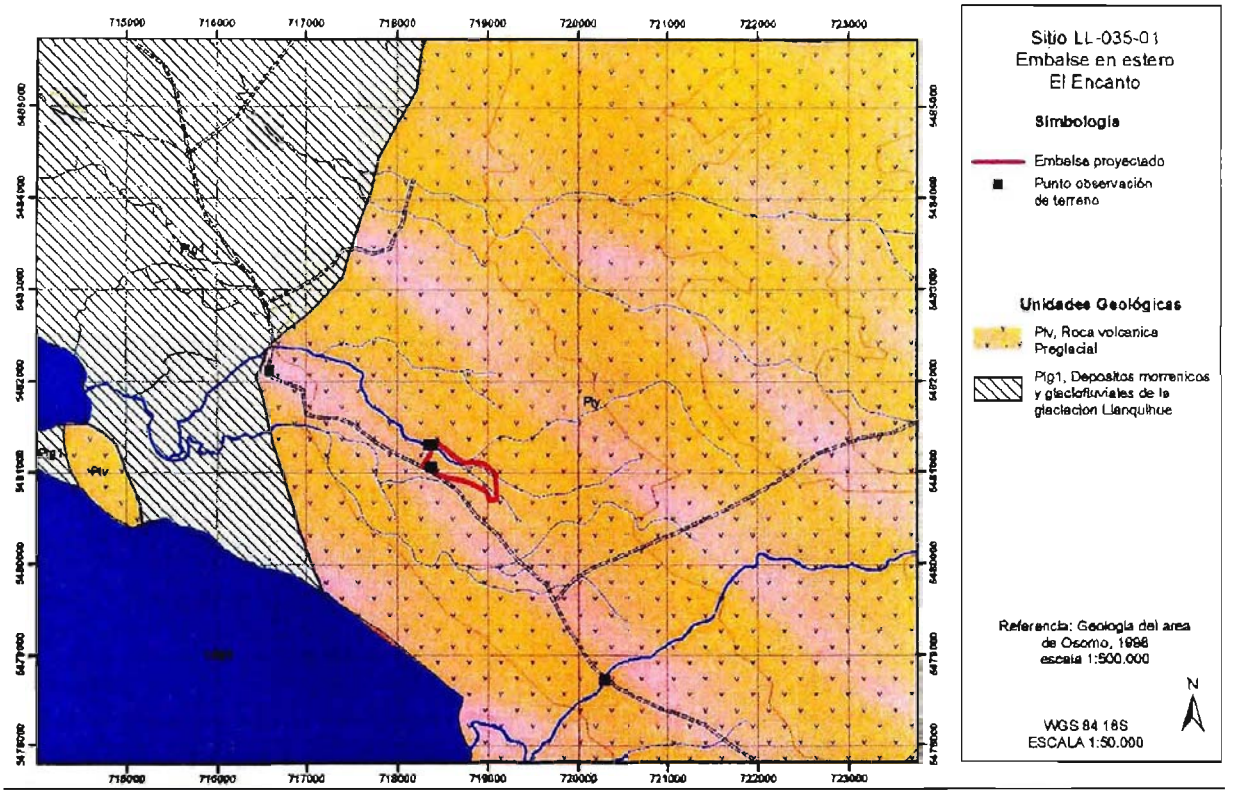
Preparado por ProAmbiente Ltda

Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

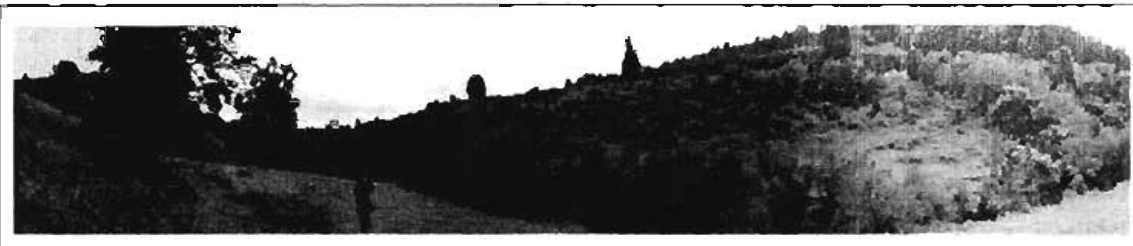
Se emplaza en diamictos macizos y mal seleccionados matriz soportados de la glaciación Llanquihue, que incluyen gravas volcánicas, duras, en una matriz de limo, arena fina y arcilla, de compacidad media. Se encuentran cubiertos por secuencias de brechas, lavas, tobas y aglomerados asociados al volcanismo pleistoceno, no identificados en el sitio. Distante 1,5 km al SE en excavaciones asociadas a la central de pasada Pulelfu (en construcción) se registran depósitos glaciofluviales correspondientes a gravas y arenas medias a gruesas con cubiertas piro clásticas oxidadas. En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Vista del sector del embalse	
Vista zona de presa.	
Depósitosglaciofluviales (Plgf1) en Central Pulelfú	

Fuente: Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Diamictos de baja permeabilidad y excavables mecánicamente. Deslizamientos de suelo por efecto de las arcillas. Material heterogéneo en sus propiedades geomecánica e hidrogeológicas. Posibilidad de material de empréstito en las cercanías.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 3LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 160 ha, dentro de una envolvente de 4,0 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	8,3	30,9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	18,1	67
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,6	2,1
SUBTOTAL RIEGO	**27,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	1,2	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	258,3	64,1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	3,2	0,8
Cereales y barbecho	3,2	0,8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	131,4	32,6
Forrajeras anuales	5,6	1,4
SUBTOTAL SECANO	**403,0**	**100,0**
Subtotal Riego	27,0	5,9
Subtotal Secano	403,0	88,4
Infraestructura y Terrenos Estériles	26,0	5,7
TOTAL	**456,0**	**100,0**

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 10.000 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 0,2; 0,6 y 1,1 hm^3, los que permiten el riego de 130, 270 y 430 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	65.0	50.0	135.0	50.0	215.0	50.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	52.0	40.0	108.0	40.0	172.0	40.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	13.0	10.0	27.0	10.0	43.0	10.0
SUBTOTAL RIEGO	**130.0**	**100.0**	**270.0**	**100.0**	**430.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	0.9	0.3	0.5	0.3	0.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	192.3	64.1	102.6	64.1	0.0	64.1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2.4	0.8	1.3	0.8	0.0	0.8
Cereales y barbecho	2.4	0.8	1.3	0.8	0.0	0.8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	97.8	32.6	52.2	32.6	0.0	32.6
Forrajeras anuales	4.2	1.4	2.2	1.4	0.0	1.4
SUBTOTAL SECANO	**300.0**	**100.0**	**160.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	130.0	28.5	270.0	59.2	430.0	94.3
Subtotal Secano	300.0	65.8	160.0	35.1	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	26.0	5.7	26.0	5.7	26.0	5.7
TOTAL	**456.0**	**100.0**	**456.0**	**100.0**	456.0	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	777,0	614,3	486,4	487,5	2.365,1
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	827,2	692,0	461,6	360,0	2.340,8

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(2)}$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \ \Delta t - Q_{evaporado} \ \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \quad (4)$$

$$V_2 = V_{minimo\ embalse}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1 OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

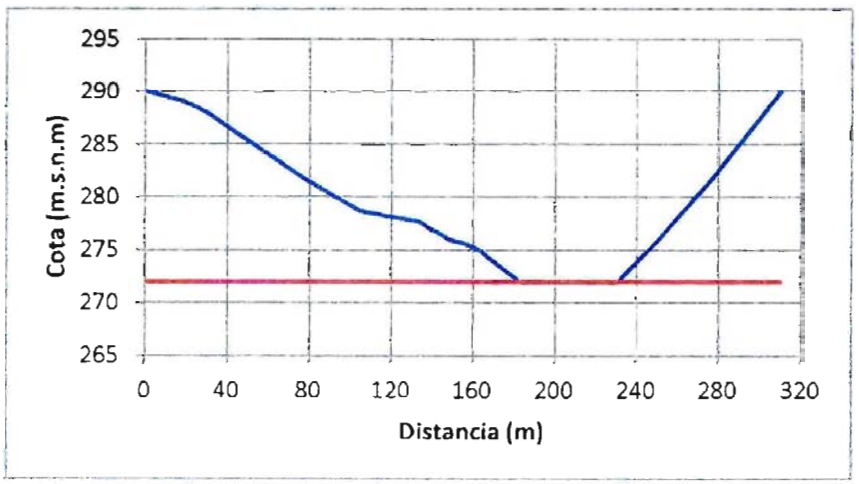
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 0,2; 0,6 y 1,1 hm^3

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



Fuente: Elaboración propia

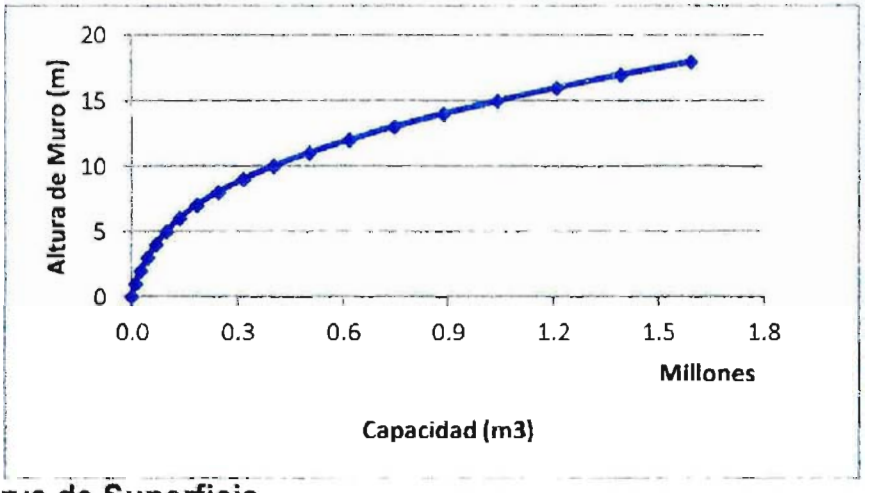
El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar

TopographyMission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

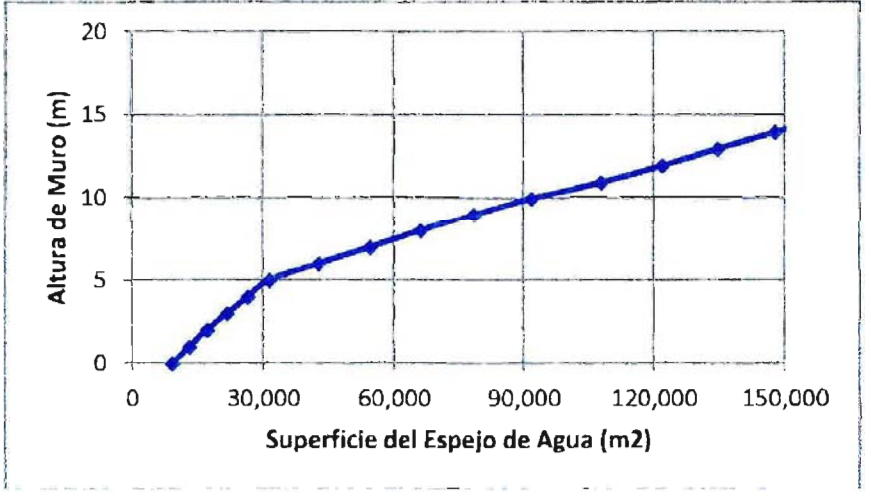
En la Figura 4.1 1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

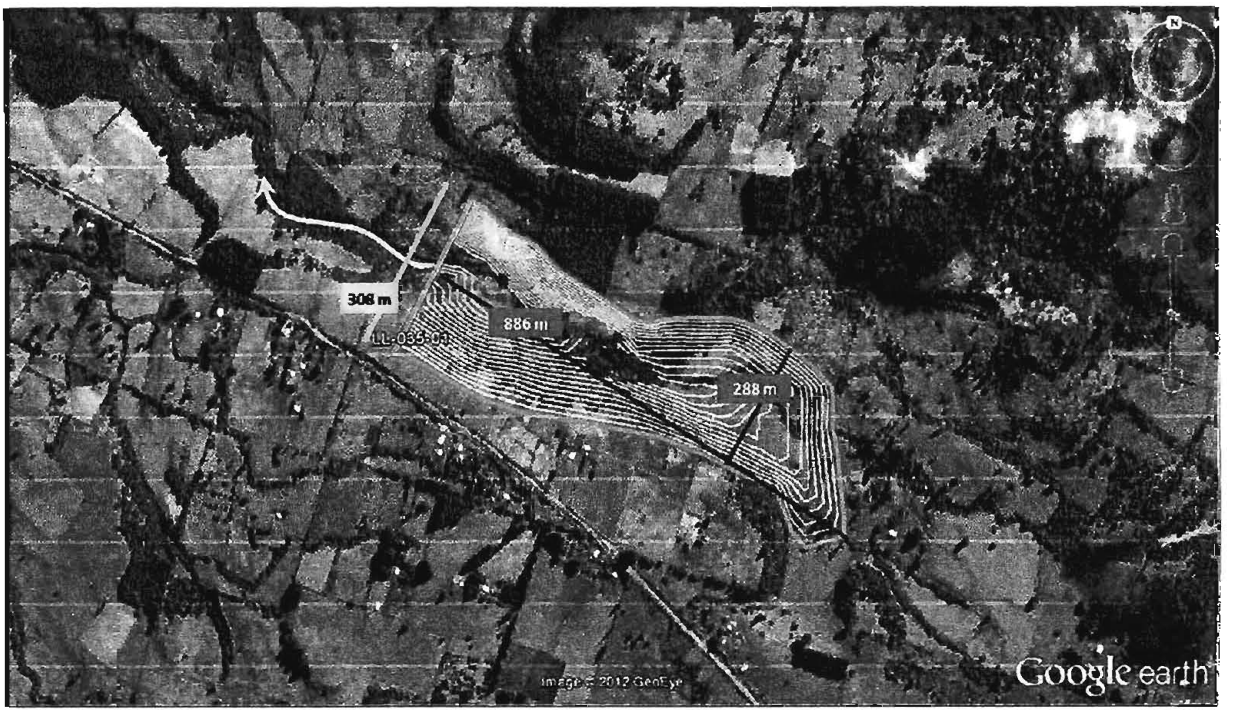


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a quelos cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

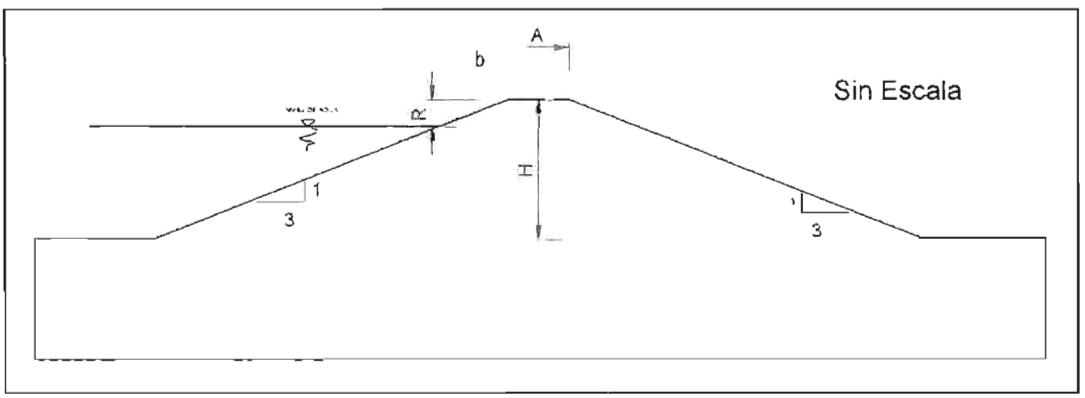
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,2	7,6	9,0	281,0	5,0	3,0	2,5
0,6	11,8	14,0	286,0	6,0	3,0	2,5
1,1	15,4	18,0	290,0	7,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,2	1,633
1,1	1,298

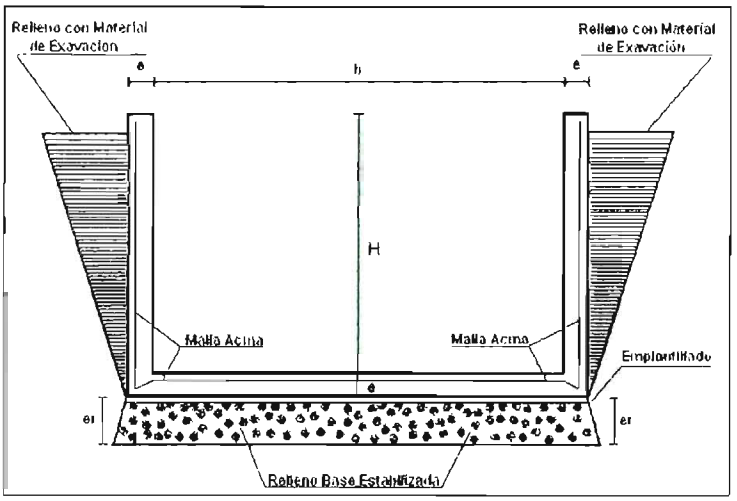
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente,dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

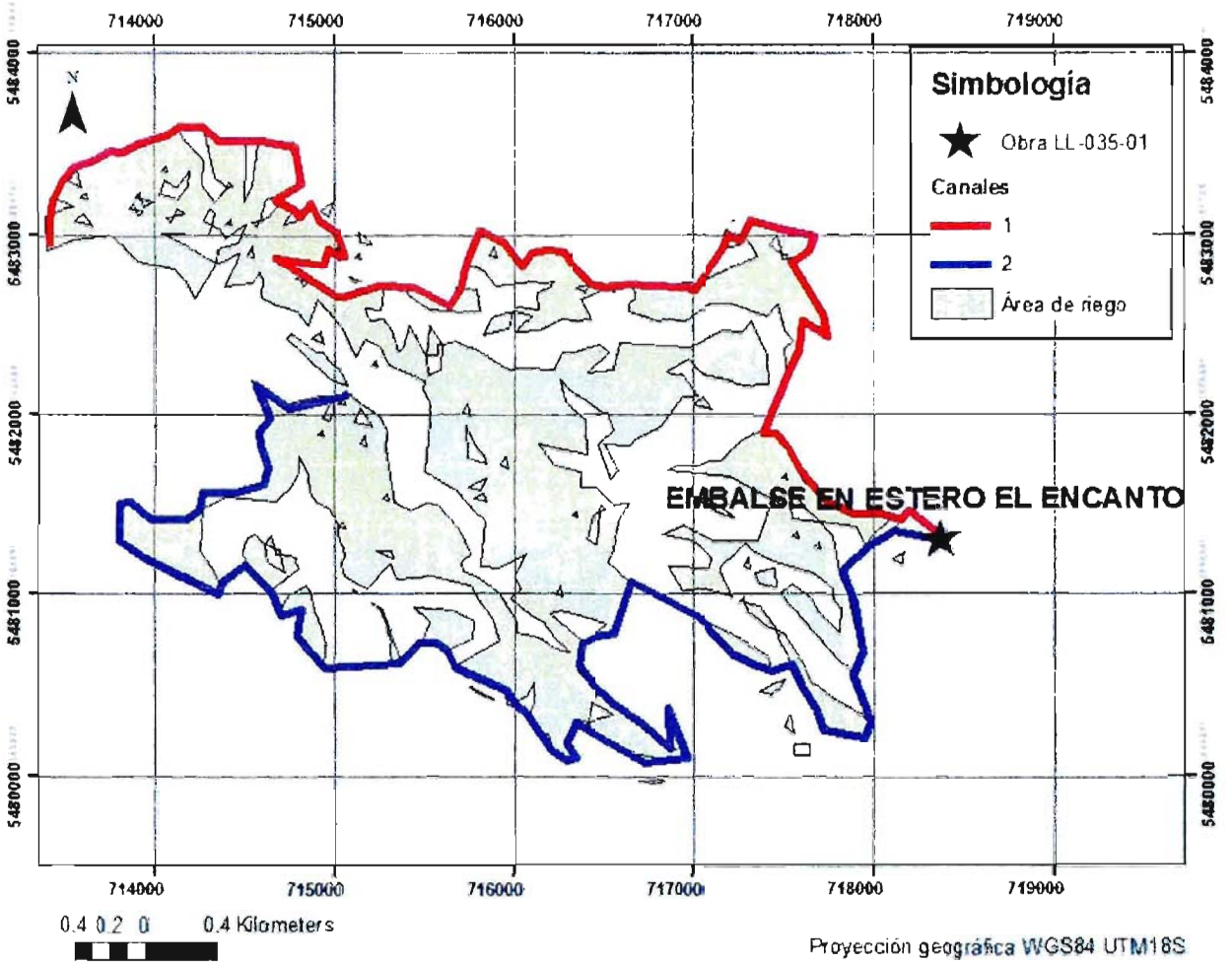
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm³)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
0,2	130	3,4	4,4	0,65	0,4	0,3	15	15
0,6	270	5,6	5,5	0,14	0,5	0,4	15	15
1,1	430	10	11,7	0,22	0,6	0,5	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 0,4 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

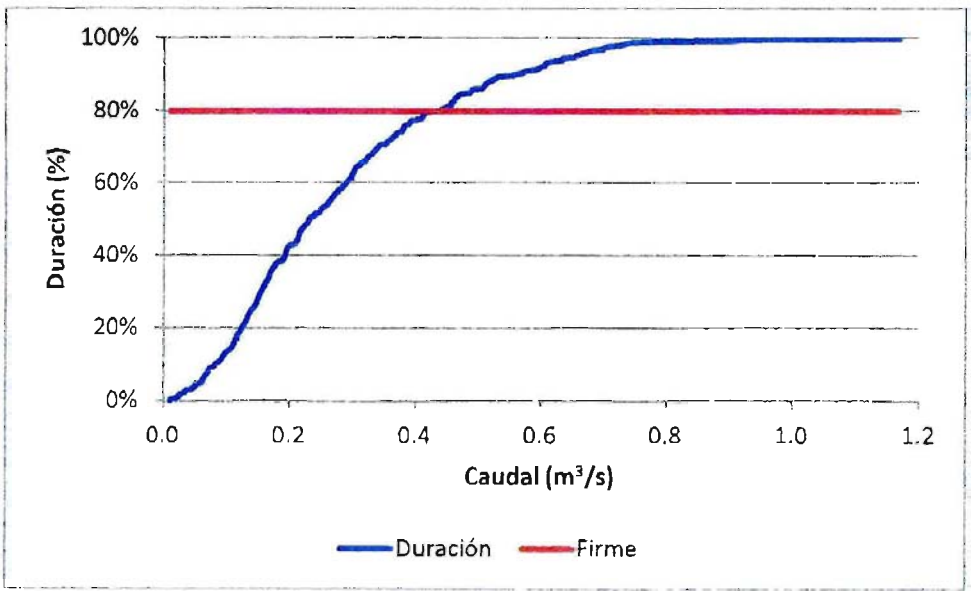
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.Nótese que la energía generable disminuye a mayores volúmenes de embalse dado que el agua es almacenada antes de liberarse.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
0,2	7,6	26	103
0,6	11,8	40	95,6
1,1	15,4	52	63,6

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 0,2 hm³ / h= 9,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	13.041	1.500	1.320	19.561.500	17.214.120
m³	Excavaciones	3.551	5.000	4.800	17.755.000	17.044.800
m³	Relleno de la presa	26.709	4.000	3.840	106.836.000	102.562.560
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.037	50.000	48.000	101.850.000	97.776.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	4.889	3.500	3.430	17.111.500	16.769.270
Total Muro					**263.114.000**	**251.366.750**
Volumen = 0,6 hm³ / h=14,0 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	21.438	1.500	1.320	32.157.000	28.298.160
m³	Excavaciones	7.856	5.000	4.800	39.280.000	37.708.800
m³	Relleno de la presa	106.100	4.000	3.840	424.400.000	407.424.000
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	4.306	50.000	48.000	215.300.000	206.688.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	10.333	3.500	3.430	36.165.500	35.442.190
Total Muro					**747.302.500**	**715.561.150**
Volumen = 1,1 hm³ / h=18,0 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	28.156	1.500	1.320	42.234.000	37.165.920
m³	Excavaciones	11.299	5.000	4.800	56.495.000	54.235.200
m³	Relleno de la presa	169.613	4.000	3.840	678.452.000	651.313.920
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	6.120	50.000	48.000	306.000.000	293.760.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	14.689	3.500	3.430	51.411.500	50.383.270
Total Muro					**1.134.592.500**	**1.086.858.310**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Volumen = 0,2 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	572	12.594	11.335	7.203.768	6.483.391
m³	Hormigón H-30	1.346	99.523	94.547	133.908.197	127.212.787
m²	Malla Acma C-295	8.970	7.877	7.719	70.656.690	69.243.556
m²	Moldajes 3 usos	3.900	8.834	7.951	34.452.600	31.007.340
m²	Aplicación Antisol	3.120	255	230	795.600	716.040
m	Juntas de dilatación	1.560	5.994	5.395	9.350.640	8.415.576
Total Sistema Distribución					**256.367.495**	**243.078.690**
Volumen = 0,6 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	998	12.594	11.335	12.568.812	11.311.931
m³	Hormigón H-30	2.414	99.523	94.547	240.273.403	228.259.733
m²	Malla Acma C-295	16.095	7.877	7.719	126.780.315	124.244.709
m²	Moldajes 3 usos	7.030	8.834	7.951	62.103.020	55.892.718
m²	Aplicación Antisol	5.550	255	230	1.415.250	1.273.725
m	Juntas de dilatación	2.886	5.994	5.395	17.298.684	15.568.816
Total Sistema Distribución					**460.439.484**	**436.551.631**
Volumen = 1,1 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	2.309	12.594	11.335	29.079.546	26.171.591
m³	Hormigón H-30	5.696	99.523	94.547	566.907.889	538.562.494
m²	Malla Acma C-295	37.975	7.877	7.719	299.129.075	293.146.494
m²	Moldajes 3 usos	16.637	8.834	7.951	146.968.313	132.271.482
m²	Aplicación Antisol	13.020	255	230	3.320.100	2.988.090
m	Juntas de dilatación	6.944	5.994	5.395	41.622.336	37.460.102
Total Sistema Distribución					**1.087.027.259**	**1.030.600.254**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
0,2	26,0	62.843.300	2.782	130.000
0,6	40,0	96.682.000	4.279	200.000
1,1	52,0	125.686.600	5.563	260.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo F. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

	Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
Muro 1	0,12	6,4	28.918.029,0
Muro 2	0,18	12,5	56.480.525,0
Muro 3	0,22	18,0	81.331.956,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 0,2 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	263.114.000	251.366.750
Obra de Desvío	26.311.400	25.136.675
Obra de Toma	13.155.700	12.568.338
Vertedero	92.089.900	87.978.363
Sistema de Distribución	256.367.495	243.078.690
Caminos de Acceso	26.311.400	25.136.675
TOTAL COSTO DIRECTO	**687.349.895**	**655.265.490**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**412.409.937**	**393.159.294**
Minicentral Hidroeléctrica	62.843.300	62.843.300
TOTAL COSTO DIRECTO	**62.843.300**	**62.843.300**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**21.995.155**	**21.995.155**
EXPROPIACIONES	**28.918.029**	**28.918.029**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**1.213.516.315**	**1.162.181.268**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**53.716**	**51.444**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**2.510.325**	**2.404.132**

Volumen = 0,6 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	747.302.500	715.561.150
Obra de Desvío	74.730.250	71.556.115
Obra de Toma	37.365.125	35.778.058
Vertedero	261.555.875	250.446.403
Sistema de Distribución	460.439.484	436.551.631
Caminos de Acceso	74.730.250	71.556.115
TOTAL COSTO DIRECTO	**1.666.123.484**	**1.591.449.471**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**999.674.090**	**954.869.682**
Minicentral Hidroeléctrica	96.682.000	96.682.000
TOTAL COSTO DIRECTO	**96.682.000**	**96.682.000**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**33.838.700**	**33.838.700**
EXPROPIACIONES	**56.480.525**	**56.480.525**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**2.852.798.799**	**2.733.320.378**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**126.279**	**120.990**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**5.901.406**	**5.654.249**

Volumen = 1,1 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	1.134.592.500	1.086.858.310

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	113.459.250	108.685.831
Obra de Toma	56.729.625	54.342.916
Vertedero	397.107.375	380.400.409
Sistema de Distribución	1.087.027.259	1.030.600.254
Caminos de Acceso	113.459.250	108.685.831
TOTAL COSTO DIRECTO	**2.912.375.259**	**2.779.573.550**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**1.747.425.155**	**1.667.744.130**
Minicentral Hidroeléctrica	125.686.600	125.686.600
TOTAL COSTO DIRECTO	**125.686.600**	**125.686.600**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**43.990.310**	**43.990.310**
EXPROPIACIONES	**81.331.956**	**81.331.956**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**4.910.809.281**	**4.698.326.545**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**217.377**	**207.971**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**10.158.684**	**9.719.134**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros

básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Margen Neto SAO	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	55.812.771	55.812.771	0	55.812.771	0	55.812.771	0
1	62.888.084	-46.463.226	-109.351.310	-53.842.312	-116.730 396	-141.197.028	-204.085.113
2	62.888.084	-46.183.851	-109.071.935	-83.076.495	-145.964.579	-206.518.824	-269.406.909
3	62.888.084	-45.719.520	-108.607.604	-150.927.123	-213.815.208	-359.516.090	-422.404.174
4	62.888.084	-45.702 021	-108.590.106	-39.480.543	-102.368.627	-112.431.112	-175.319.196
5	62.888.084	-55.659.626	-118.547 710	-22.356.267	-85.244.352	-62.615.302	-125.503.386
6	-26.344.492	-84.990.713	-58.646 221	-41.009.939	-14.665.448	57.269.065	83.613.556
7	9.863.070	-14.692.869	-24.555.939	152.960.863	143.097.793	362.042.981	352.179.911
8	6.342.669	-14.697.060	-21.039.729	235.439.629	229.096.960	548.840.148	542.497.479
9	15.095 895	-14.683.092	-29 778.987	300.495.825	285.399.930	682.244.931	667.149.036
10	26.765.241	-14.518.992	-41 284.233	369.032.360	342.267.119	818.117.767	791.352.525
11	41.566.021	-14.361.156	-55.927.177	415.932.051	374.366.030	902.030.789	860.464.769
12	46.714.051	-14.372.531	-61.086.582	422.233.335	375.519.284	908.332.073	861.618.023
13	55.812.771	-14.382.592	-70.195.363	432.996.379	377.183.609	919.095.118	863.282.347
14	62.888.084	-14.400.655	-77 288.739	308.309.510	245.421.426	629.440.103	566.552.019
15	62.888.084	-14.383.156	-77.271.240	154.184.477	91.296.393	284.892.839	222.004.754
16	62.888.084	-14.380.994	-77.269.078	-113.025.931	-175.914.015	-312.457.331	-375.345.416
17	62.197.022	-15 224.011	-77 421.033	10.980.734	-51.216 288	-34.164.167	-96.361.189
18	62.719.494	-14.692.869	-77 412.363	43.404.141	-19.315.354	37.656.478	-25.063.016
19	-25.831.498	-14.697.060	11.134.438	29.138.644	54.970.142	127.239.437	153.070.934
20	9.867.560	-14.683.092	-24 550.651	152.964.205	143.096.646	382.044.763	352.177.204
21	6.402.064	-14.518.992	-20.921.055	235.572.186	229.170.122	548.910.845	542.508.782
22	15.259.995	-14.361.156	-29.621.151	300.735.479	285.475.484	682.372.747	667.112.752
23	26.883.915	-14.372.531	-41.256.446	369.149.856	342.265.941	818.180.431	791.296.516
24	41.566.021	-14.382.592	-55.948.613	415.932.051	374.366.030	902.030.789	860.464.769
25	46.714.051	-14.400.655	-61.114.706	422.233.335	375.519.284	908.332.073	861.618.023
26	55.812.771	-14.383.156	-70.195.927	432.996.379	377.183.609	919.095.118	863.282.347
27	62.888.084	-14.380.994	-77 269.078	308.309.510	245.421.426	629.440.103	566.552.019
28	62.197.022	-15 224.011	-77.421 033	153.552.543	91.355.521	284.555.807	222.358.785
29	62.719.494	-14.692.869	-77.412 363	-113.268.927	-175.988.422	-312.586.930	-375.306.424
30	62.710.016	-14.697.060	-77 407.076	11.362.615	-51.347.401	-33.960.497	-96.670.513

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Margen Neto SAO	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	75.496.472	75.496.472	0	75.496.472	0	75.496.472	0
1	84.697.090	-36.266.691	-120.963.781	-40.596.208	-125.293.299	-126.802.054	-211.499.145
2	84.697.090	-35.927.225	-120.624.315	-56.386.050	-141.083.141	-175.536.848	-260.233.938
3	84.697.090	-35.362.521	-120.059.611	-117.013.175	-201.710.265	-312.432.548	-397.129.638
4	84.697.090	-35.347.289	-120.044.379	-2.772.540	-87.469.631	-59.101.449	-143.798.539
5	84.697.090	-45 304.260	-130 001 351	28.093.651	-56.603 439	21.434.481	-63.262.609
6	-16.004.128	-73.785.465	-57 781 337	121.738.905	137.743.033	269.826.450	285.830.578
7	18.794.986	-4.824.326	-23.619.312	182.115.683	163.320.697	454.792.237	435.997.251
8	17.321.600	-4.373.736	-21.695.336	309.211.292	291.889.692	697.927.726	680.606.126
9	28.484.829	-4.379.613	-32.864.442	374.911.041	346.426.212	844.791.515	816.306.686
10	42.014.421	-4.346.341	-46.360.762	450.828.116	408.813.695	999.623.501	957.609.080
11	58.292.978	-4.172.954	-62.465.932	503.549.971	445.256.993	1.097.920.118	1.039.627.140
12	64.816.521	-4.014.811	-68.831.333	521.884.498	457.067.976	1.116.195.914	1.051.379.393
13	75.496.472	-4.025.226	-79.521.698	529.507.786	454.011.314	1.123.819.203	1.048.322.730
14	84.697.090	-4.048.155	-88.745.245	393.215.467	308.518.377	803.956.450	719.259.359
15	84.697.090	-4.030.656	-88.727.746	225.662.330	140.965.240	415.950.673	331.253.583
16	84.697.090	-4.028.494	-88.725.584	-79.111.982	-163.809.073	-265.373.789	-350.070.880
17	84.051.381	-4.022.612	-88.073.994	48.320.670	-35.730.711	19.502.528	-64.548.854
18	84.496.308	-4.828.712	-89.325.020	93.490.528	8.994.220	121.512.378	37.016.070
19	-15.565.078	-4.378.498	11.186.580	191.230.290	208.795.368	339.446.316	355.011.395
20	18.822.381	-4.384.375	-23.206.755	182.442.519	163.620.138	454.966.549	436.144.168
21	17.406.992	-4.351.103	-21 758.094	309.231.685	291.824.693	697.938.603	680.531.611
22	28.658.216	-4.177 716	-32 835.932	375.064.882	346.406.665	844.873.563	816.215.347
23	42.135.689	-4.020.030	-46 155.719	451.083.039	408.947.351	999.759.460	957.623.771
24	58.292.978	-4.030.092	-62.323.070	503.675.822	445.382.844	1.097.987.238	1.039.694.260
25	64.816.521	-4.048.155	-68.864.676	521.884.498	457.067.976	1.116.195.914	1.051.379.393
26	75.496.472	-4.030.656	-79.527.128	529.507.786	454.011.314	1.123.819.203	1.048.322.730
27	84.697.090	-4.028.494	-88.725.584	393.215.467	308.518.377	803.956.450	719.259.359
28	84.051.381	-4.022.612	-88.073.994	225.662.330	141.610.949	415.950.673	331.899.292
29	84.496 308	-4.828.712	-89.325.020	-79.718.510	-164.214.818	-265.697 271	-350 193.579
30	84.490.431	-4.378.498	-88.868.929	48.045.353	-36.445.078	19.355.692	-65 134.739

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este

motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son: goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4 2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
0,2	689.571.840	659.498.880	410.187.991	388.925.904
0,6	1.929.094.400	1.847.836.544	736.703.174	698.482.609
1,1	2.920.556.800	2.798.357.274	1.739.243.615	1.648.960.406

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Costo MCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
0,2	26	84.838.455
0,6	40	130.520.700
1,1	52	169.676.910

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto no es rentable a precios privados. Por otra parte a precios sociales es rentable, presentando un valor óptimo con el embalse de mayor tamaño. Por otra parte, para el caso con generación hidroeléctrica, el proyecto deja de ser rentable debido al alto costo del proyecto hidroeléctrico. La evaluación se presenta en el Anexo E.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,2	-892,2	-0,81	5,6%	613,4	0,59	8,6%
0,6	-1.853,0	-0,70	6,2%	1.636,7	0,64	9,0%
1,1	-3.171,6	-0,68	6,1%	2.591,0	0,58	8,8%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
0,2	-944,3	-0,80	5,5%	586,2	0,52	8,4%
0,6	-1.956,7	-0,70	6,0%	1.554,6	0,58	8,8%
1,1	-3.329,7	-0,69	5,9%	2.444,4	0,53	8,6%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 1,1hm^3, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 430 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua. Dado los malos resultados del proyecto de hidrogeneración, se sugiere continuar sin esa componente al nivel de prefactibilidad.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN ESTERO EL ENCANTO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	**INTRODUCCIÓN**	1
2.	**USO DEL SUELO**	1
3.	**DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA**	2
3.1.	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo B, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	30,9	50,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	67,0	40,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2,1	10,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,3	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	64,1	64,1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,8	0,8
Cereales y barbecho	0,8	0,8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	32,6	32,6
Forrajeras anuales	1,5	1,5
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Total
70,0	34,0	25,0	23,0	28,0	48,0	61,0	73,0	116,0	129,0	118,0	107,0	832,0

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.1-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Frutales y viveros						0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales							0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	33,6	58,4	121,8	135,5	92,0	53,5	509,2
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	66,5	32,3	23,8	21,9	26,6	45,6	58,0	69,4	110,2	122,6	112,1	101,7	790,7
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	30,7	116,0	144,5	115,6	79,2	509,2

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual

PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Total
70,0	133,0	129,0	134,0	114,0	101,0	84,0	81,0	53,0	79,0	69,0	50,0	1.097,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.2-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	68,8	56,5	23,0	3,5	151,8
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,2	43,6	43,1	51,7	195,6
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,0	65,5	46,6	29,2	204,3

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	TOTAL
Frutales y viveros	0	0	0	0	0	0	0	0	764	628	256	39	1.687
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0	0	0	0	0	0	0	0	763	581	575	689	2.608
Cultivos anuales	0	0	0	0	0	0	0	0	1.400	1.456	1.036	649	4.541

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	777,0	614,3	486,4	487,5	2.365,1
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	827,2	692,0	461,6	360,0	2.340,8

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN ESTERO EL ENCANTO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \ \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{minimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.
5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 0,4 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

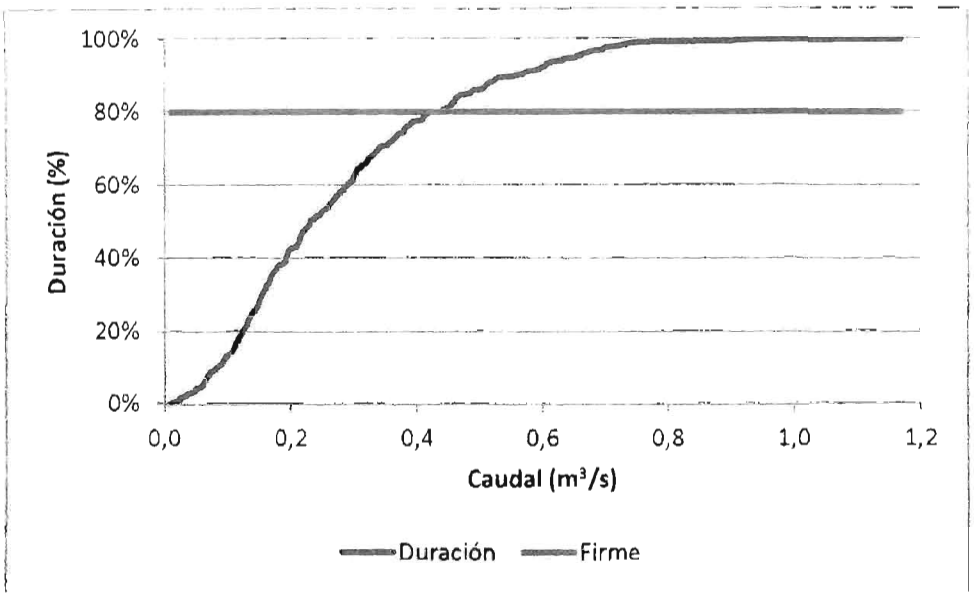
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN ESTERO EL ENCANTO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

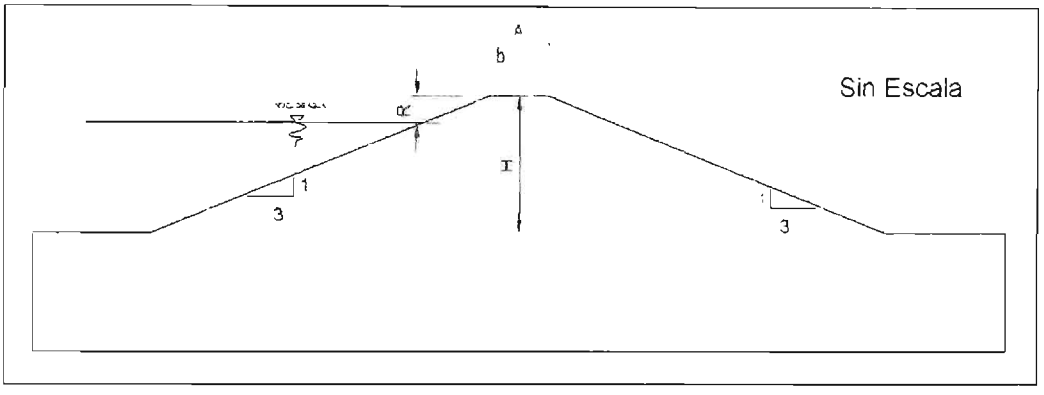
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
0,2	7,6	9,0	281	5,0	3,0	2,5
1,1	15,4	18,0	290	7,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
0,2	SC	35	1,5	1,8	2,0
1,1	SC	35	1,5	1,8	2,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría

con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

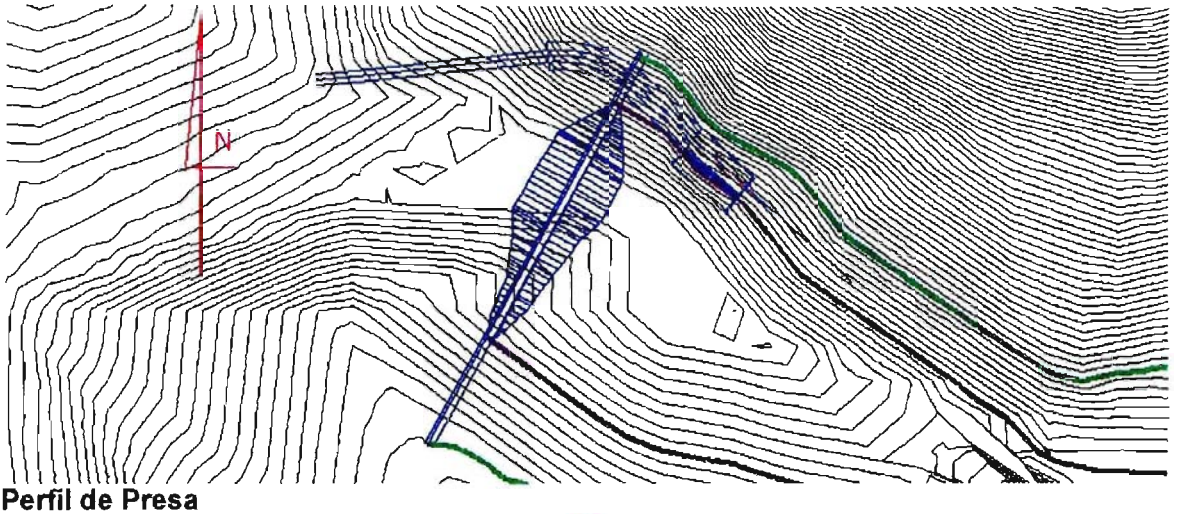
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
0,2	1,633
1,1	1,298

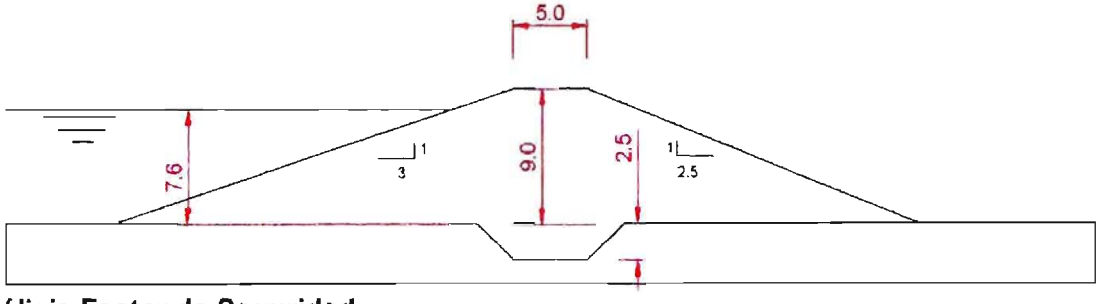
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 0,2 hm^3

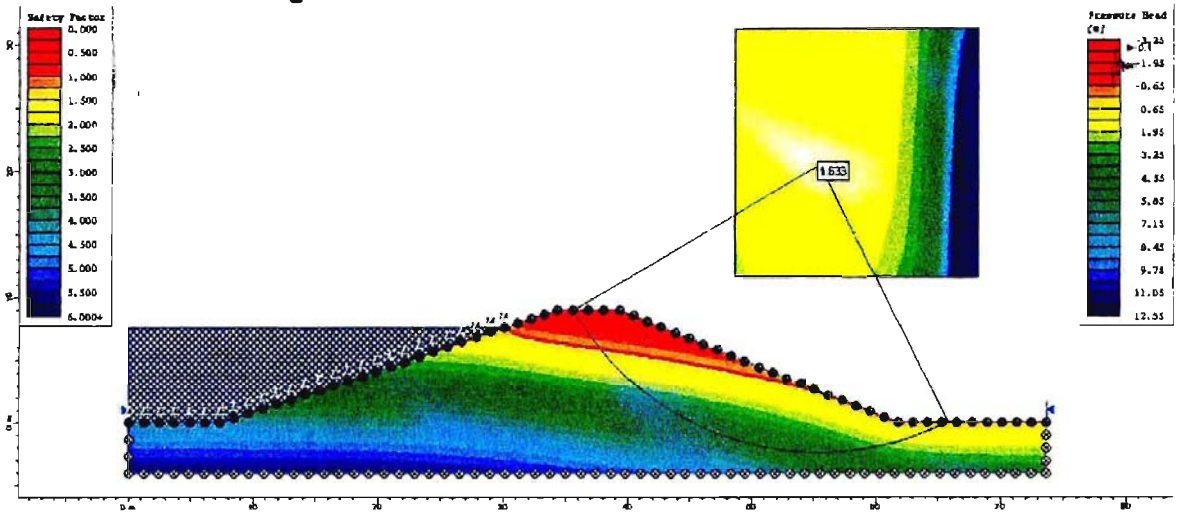
Vista en Planta



Perfil de Presa



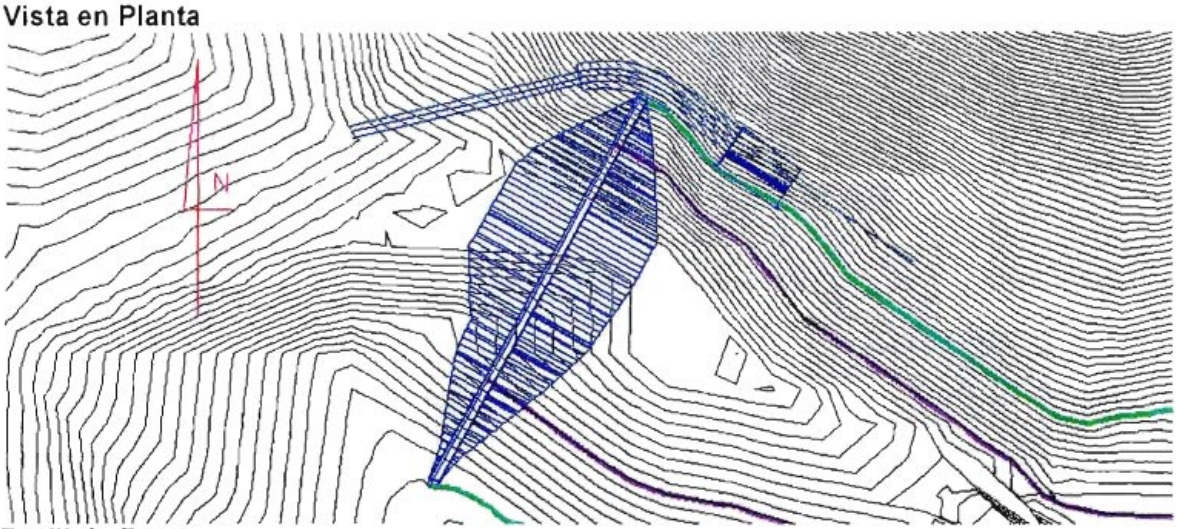
Análisis Factor de Seguridad



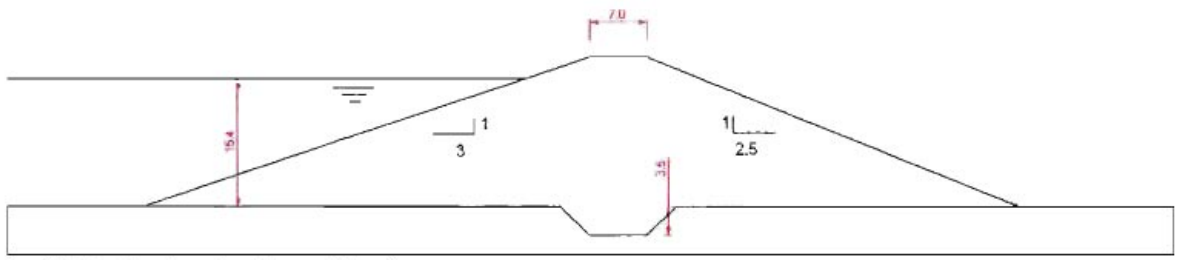
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 1,1 hm^3

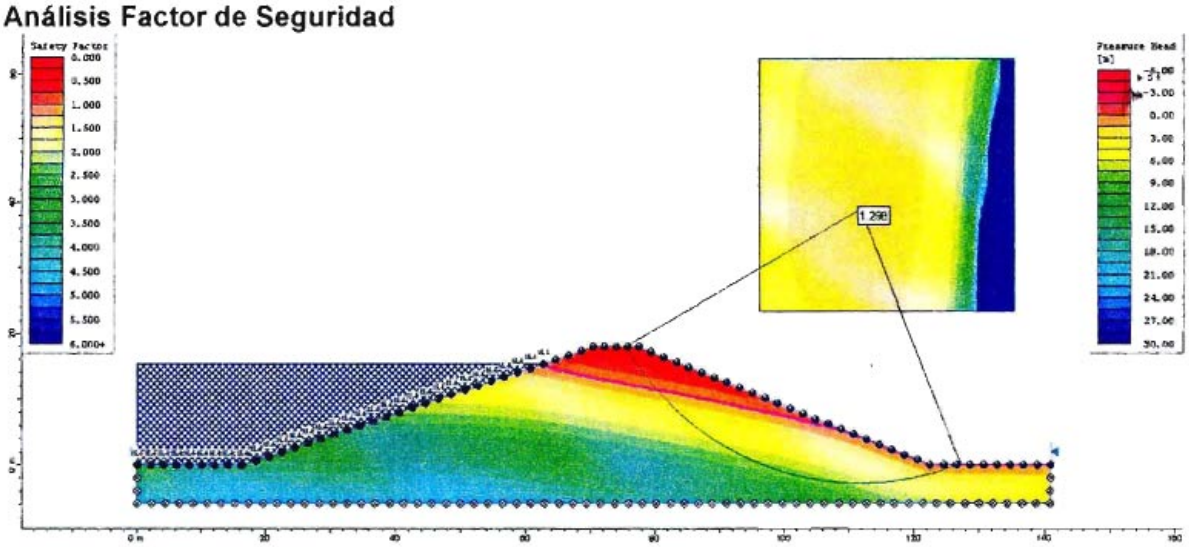
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #8:

EMBALSE EN RÍO BUENO



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO BUENO (LL-039-11)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	**INTRODUCCIÓN**	**1**
2.	**DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**	**1**
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS	3
3.	**DIAGNÓSTICO**	**3**
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	17
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	17
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	17
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	18
3.6.3.	Demandas de Agua	19
3.7.	BALANCE HÍDRICO	20
4.	**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO**	**22**
4.1.	OBRAS CIVILES	22
4.1.1.	Embalse de Regulación	22
4.1.2.	Sistema de Distribución	26
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	28
5.	**PRESUPUESTO DE LAS OBRAS**	**29**
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	29
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	30
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	31
5.4.	EXPROPIACIONES	32
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	32
6.	**EVALUACIÓN ECONÓMICA**	**34**
6.1.	GENERALIDADES	34
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	35
6.3.	BENEFICIOS	35
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	35
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	43
6.4.	COSTOS	43
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	43
6.4.2.	Costos Obras Civiles	45
6.4.3.	Costo MCH	45
6.4.4.	Costos Ambientales	45
6.5.	RESULTADOS	45

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Río Bueno**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Bueno comuna de Fresia, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del Río Bueno actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Río Bueno.

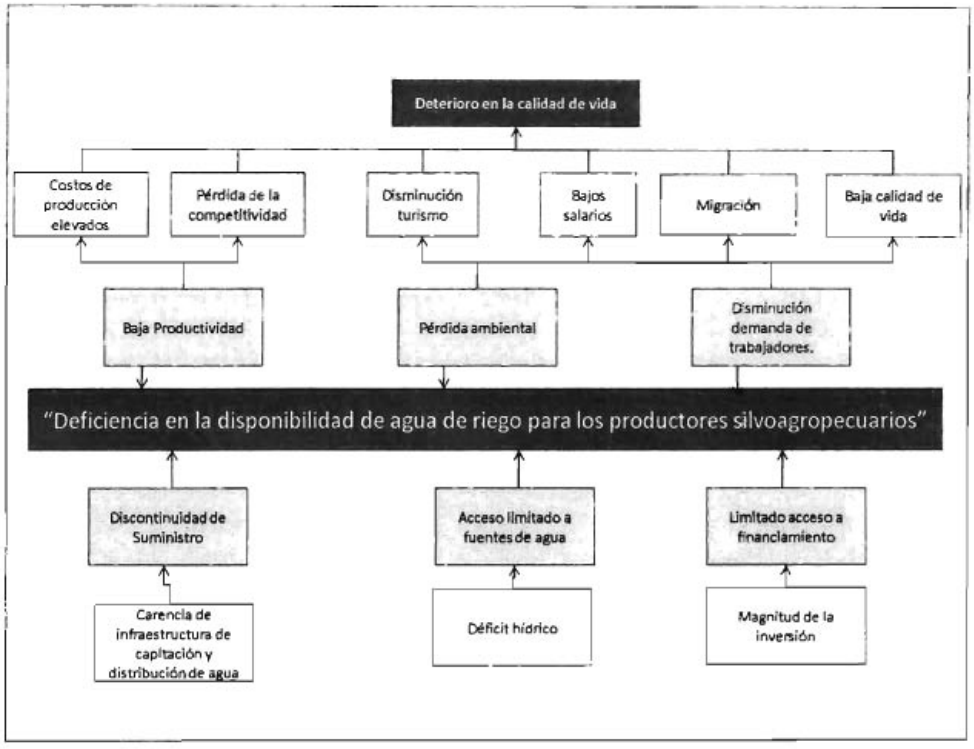
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Bueno, existen 7.000 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían sobre 2.900 ha potenciales de frutales y 4.000 ha potenciales de praderas.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

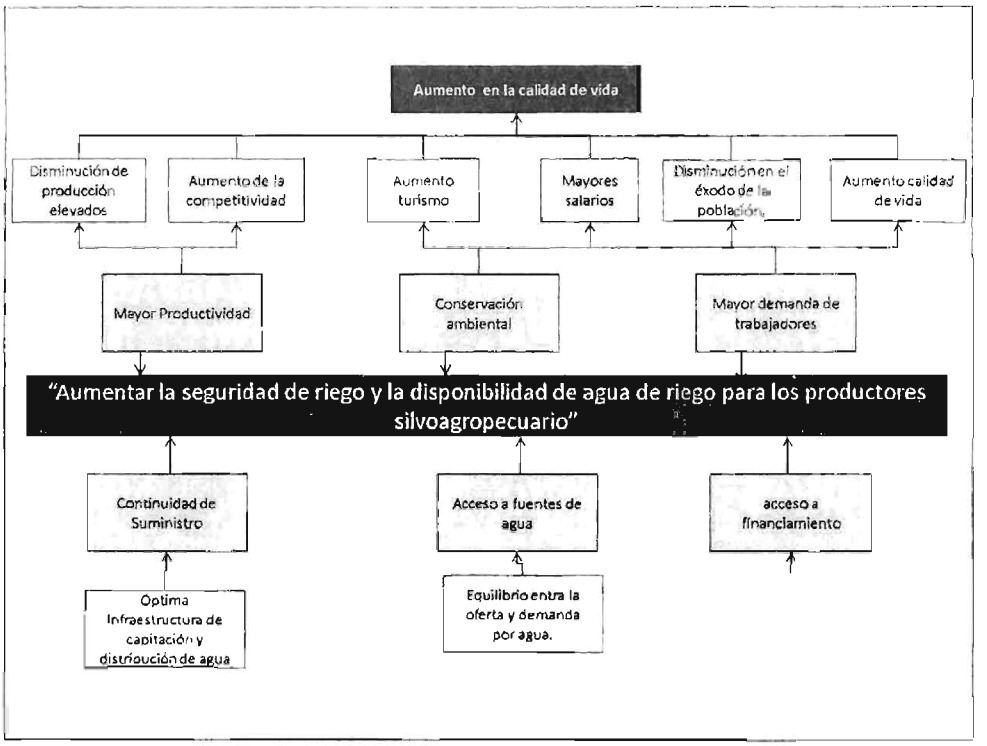


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema" en "Objetivo", los "Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines", obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile central (5.436.231N, 615.669E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

Según la clasificación del Altas Agroclimatológico de Chile (INEA, 1998), la provincia de Puerto Llanquihue presenta un Clima Marino Fresco principalmente, similar a la provincia de Osorno (INIA, 1998).

Se destaca el Agroclima Maullín en la zona costera continental y hasta el norte del borde costero oriental de la Isla Grande de Chiloé. El régimen térmico de este clima presenta una temperatura media anual de 10,9°C, máximas medias del mes más cálido de 20,1°C y una mínima del mes más frío de 4,0°C. Posee un periodo libre de heladas de ocho meses. En cuanto al régimen hídrico, se caracteriza por una precipitación anual de 1890 mm, presentando 277.0 mm en el mes de junio. La estación seca se ausenta (INIA, 1998).

La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra correspondiendo a las localidades de Río Blanco, Los Cañones y La Rinconada. Son terrenos de lomajes con sectores más planos y otros más pronunciados. Actualmente la mayoría de ellos con plantaciones forestales (Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 5.000 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Fresia y está compuesta por un total de 12.804 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Llanquihue	321.493	51%	49%
Comuna de Fresia	12.804	51%	49%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 48% de la población de la comuna vive en la ciudad y el 52% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Fresia es de un 7,15 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Fresia	Región	País
Pobre Indigente	1.517	369	485	3,92	2,43	3,74
Pobre no Indigente	1.709	823	399	3,23	11,76	11,38
No Pobre	8.909	10.852	11.484	92,85	85,80	84,88
Total	12.135	12.044	12.368	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

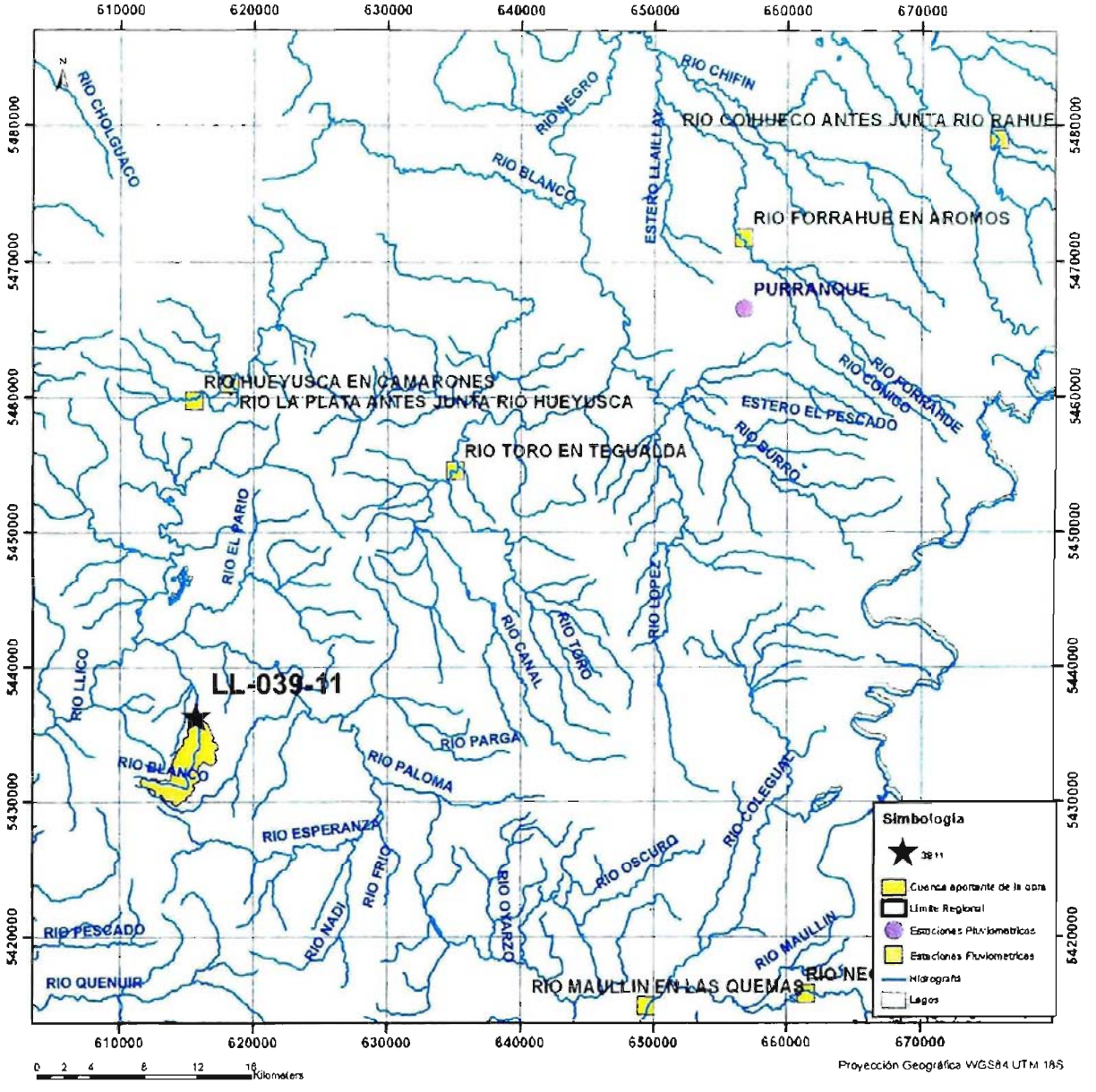
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.086 mm y un caudal medio de 760 L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco. No se cuenta con control fluviométrico, por lo que los caudales se generaron sintéticamente.

En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B. Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

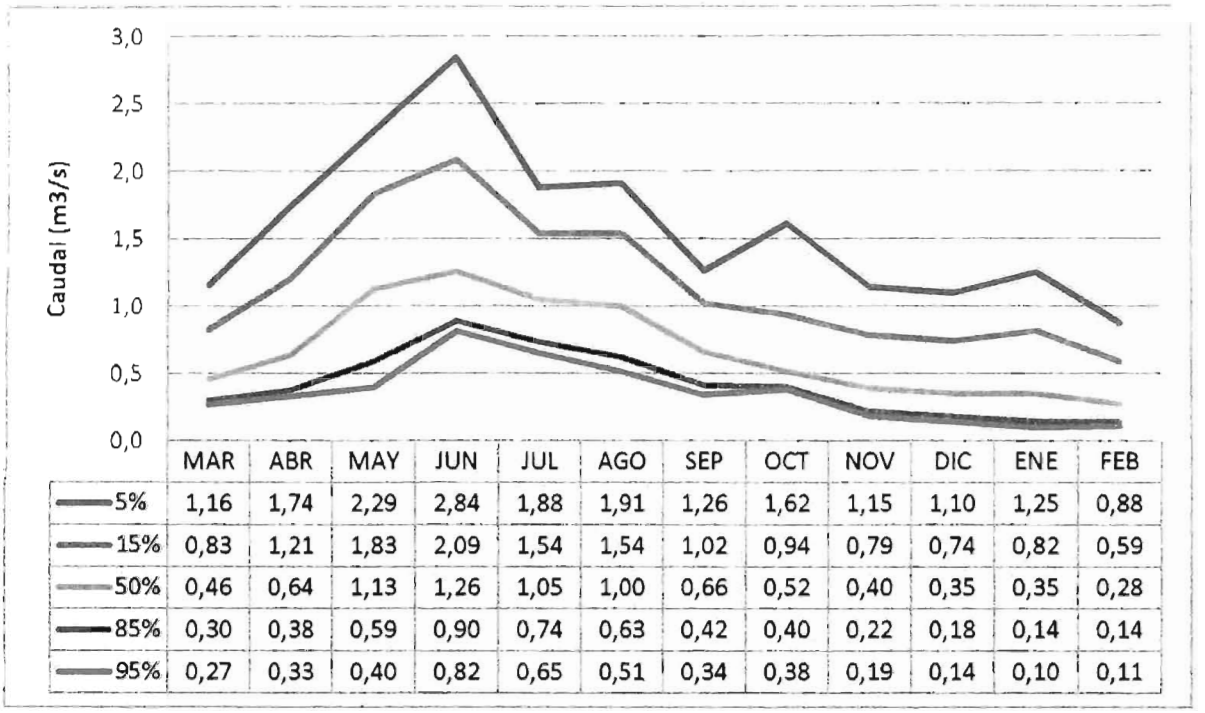
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO BUENO



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
5%	1,16	1,74	2,29	2,84	1,88	1,91	1,26	1,62	1,15	1,10	1,25	0,88
15%	0,83	1,21	1,83	2,09	1,54	1,54	1,02	0,94	0,79	0,74	0,82	0,59
50%	0,46	0,64	1,13	1,26	1,05	1,00	0,66	0,52	0,40	0,35	0,35	0,28
85%	0,30	0,38	0,59	0,90	0,74	0,63	0,42	0,40	0,22	0,18	0,14	0,14
95%	0,27	0,33	0,40	0,82	0,65	0,51	0,34	0,38	0,19	0,14	0,10	0,11

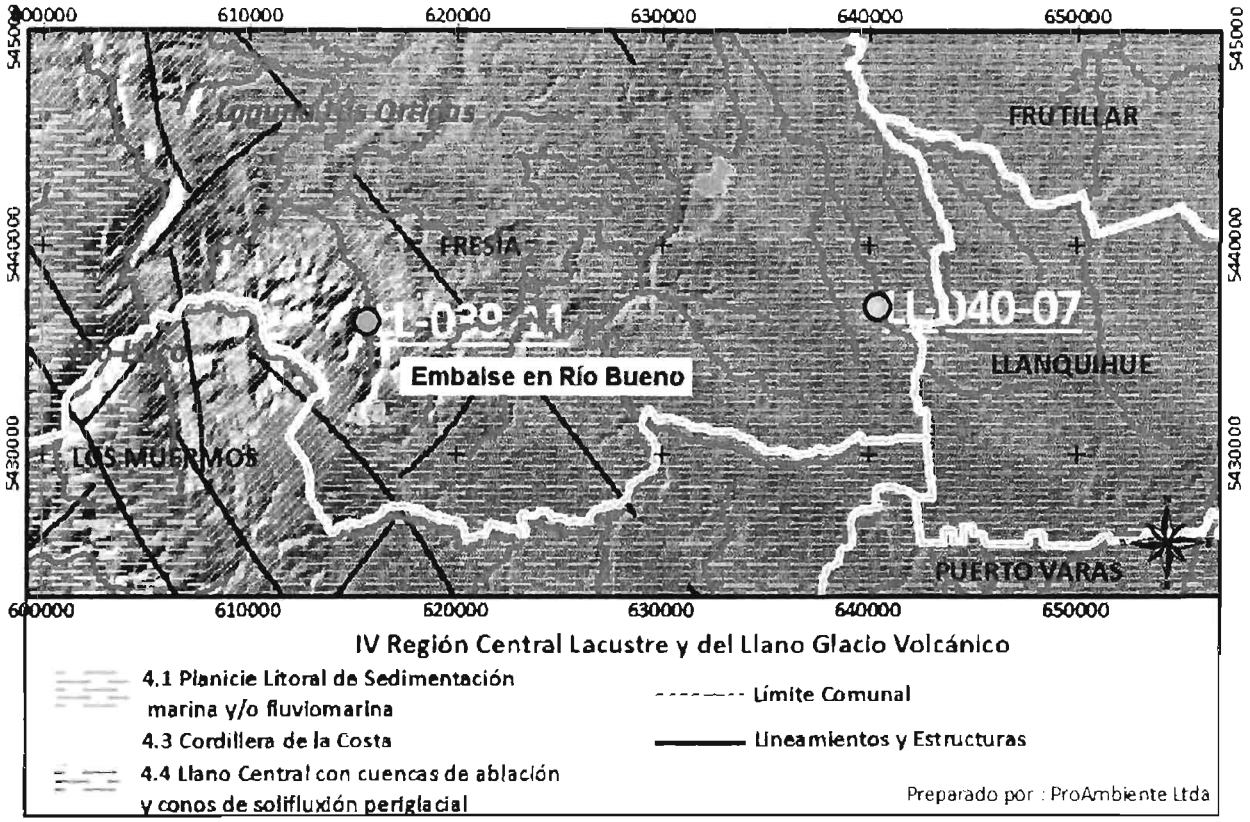
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Se ubica la unidad de la Cordillera de La Costa (4.3).corresponde a un relieve positivo de lomajes suaves desarrollado sobre rocas metamórficas, próximo a la desembocadura del río en la unidad 4.4 del Llano Central. Lineamientos siguen patrón estructural regional N40-50W y N40E.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL

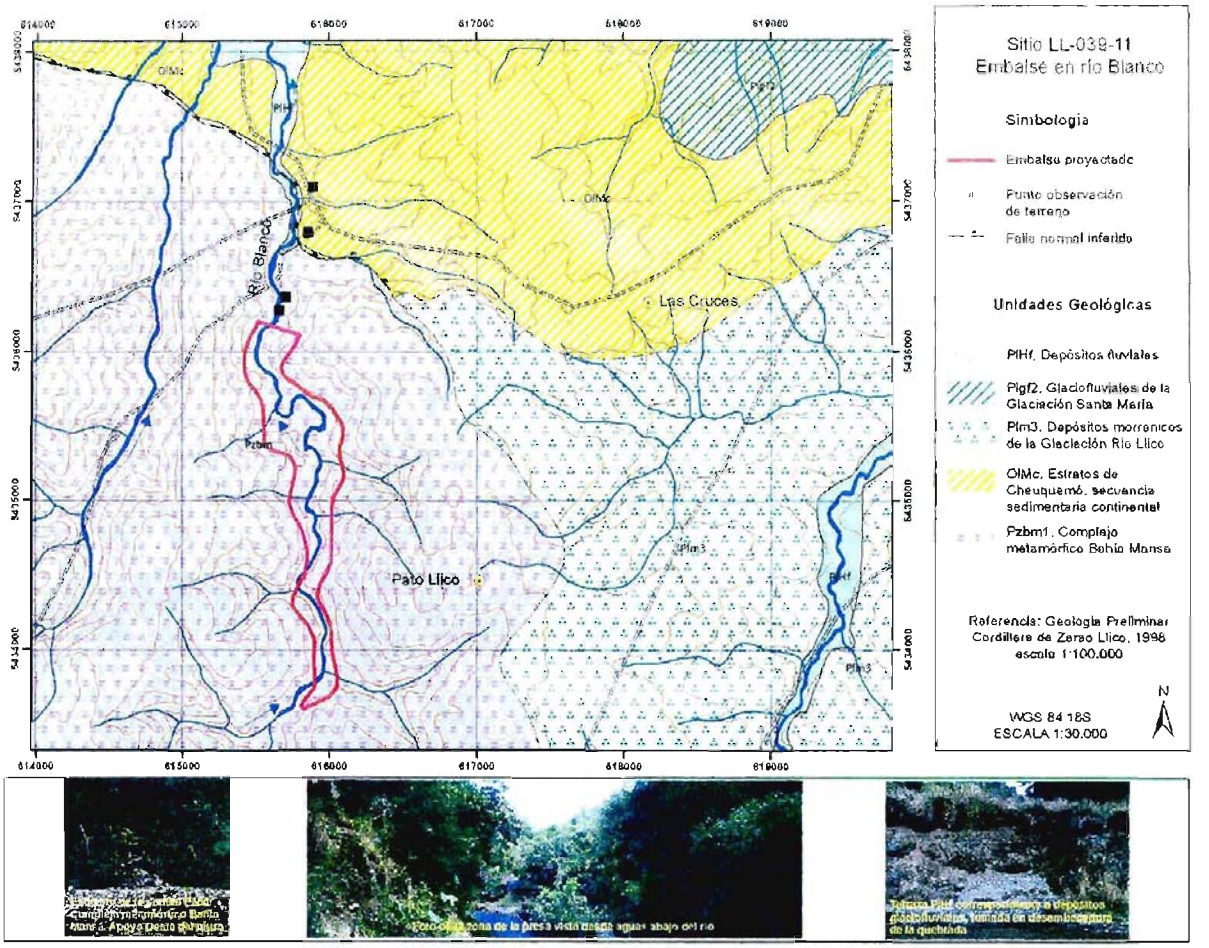


Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa (Pzbm), consistentes en pizarras, esquistos micáceos y gneis. En el área se encuentran metareniscas gris oscuras, cubierta de abundante vegetación en escasos afloramientos observables en borde de la quebrada. Sobre estas rocas se ha desarrollado una potente cubierta de suelos residuales pardos rojizos. Fuera del área, hacia desembocadura del sistema principal depósitos de arenas y gravas fluviales (PlHf).En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO

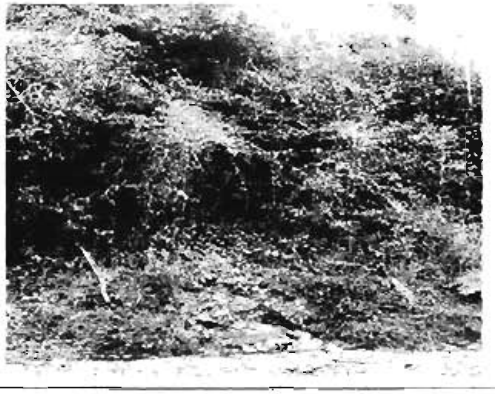


Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Vista hacia aguas arriba y aguas abajo desde punto aguas abajo del muro	 
Gravas y arenas fluviales de la Unidad PlHf	

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

VISTA desembocadura del rio	
Meta areniscas del Complejo Metamórfico Bahia Blanca	

Fuente:Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Material excavable mecánicamente; soportan taludes subverticales aunque se observan deslizamientos locales. Fragmentos sanos, duros. Se explota como empréstitos.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 2LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 7.000,0 ha, dentro de una envolvente de 103,9 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO	0.9	91.3
Frutales y viveros	0.1	8.7
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.0	0.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1.0	100.0
SUBTOTAL RIEGO		
SECANO	10.3	0.5
Frutales y viveros	1.344.5	65.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	26.8	1.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	30.9	1.5
Cereales y barbecho	640.3	31.1
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	6.2	0.3
Forrajeras anuales	2.059.0	100.0
SUBTOTAL SECANO	1.0	0.0
Subtotal Riego	2.059.0	95.2
Subtotal Secano	103.9	4.8
Infraestructura y Terrenos Estériles	2.163.9	100.0
TOTAL	0.9	91.3

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 7.000 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 2,0; 5,0 y 11,0 hm³, los que permiten el riego de 530, 1.120 y 2.060 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	302.1	57.0	638.4	57.0	1.174.2	57.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	185.5	35.0	392.0	35.0	721.0	35.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	42.4	8.0	89.6	8.0	164.8	8.0
SUBTOTAL RIEGO	**530.0**	**100.0**	**1.120.0**	**100.0**	**2.060.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	7.7	0.5	4.7	0.5	0.0	0.5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	999.1	65.3	613.8	65.3	0.0	65.3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	19.9	1.3	12.2	1.3	0.0	1.3
Cereales y barbecho	23.0	1.5	14.1	1.5	0.0	1.5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	475.8	31.1	292.3	31.1	0.0	31.1
Forrajeras anuales	4.6	0.3	2.8	0.3	0.0	0.3
SUBTOTAL SECANO	**1.530.0**	**100.0**	**940.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	530.0	24.5	1.120.0	51.8	2.060.0	95.2
Subtotal Secano	1.530.0	70.7	940.0	43.4	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	103.9	4.8	103.9	4.8	103.9	4.8
TOTAL	**2.163.9**	**100.0**	**2.163.9**	**100.0**	**2.163.9**	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA(m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(2)}$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \quad \Delta t - Q_{evaporado} \quad \Delta t \qquad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \qquad (4)$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \qquad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

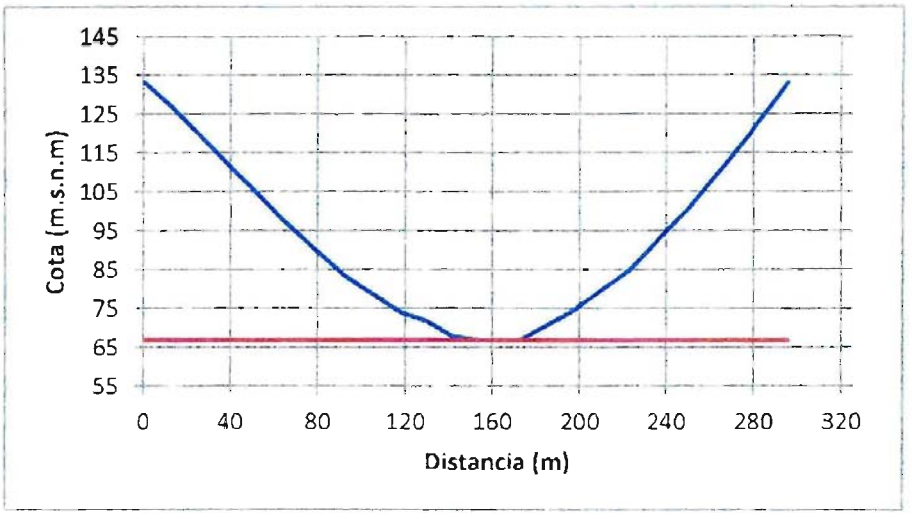
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 2,0; 5,0 y 11,0 hm³

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



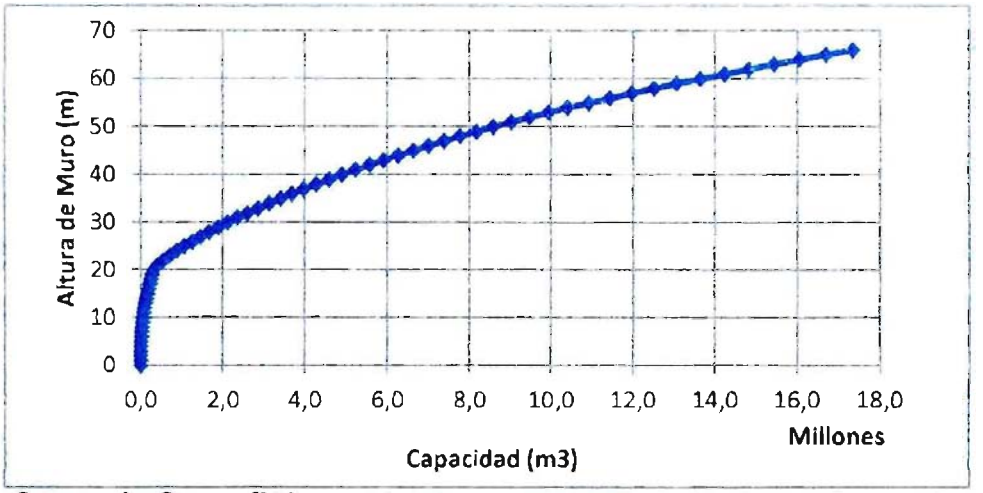
Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar TopographyMission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

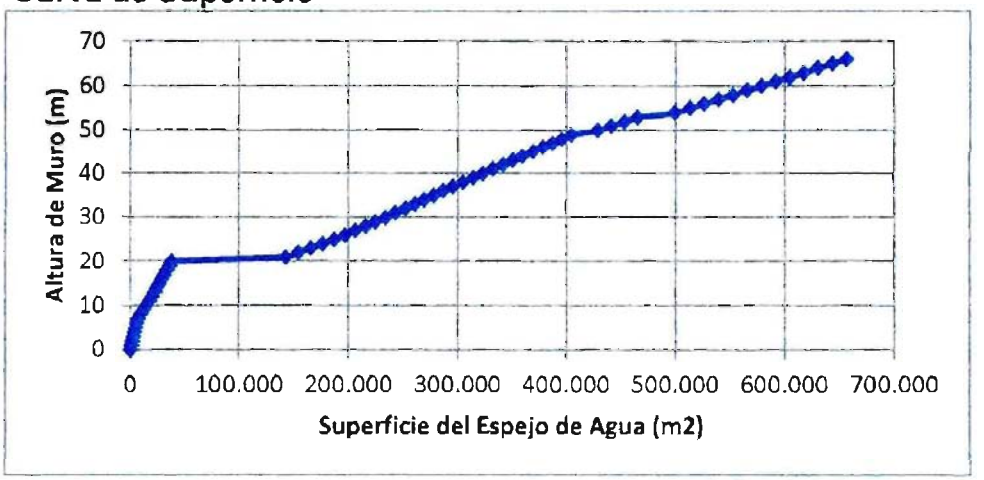
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

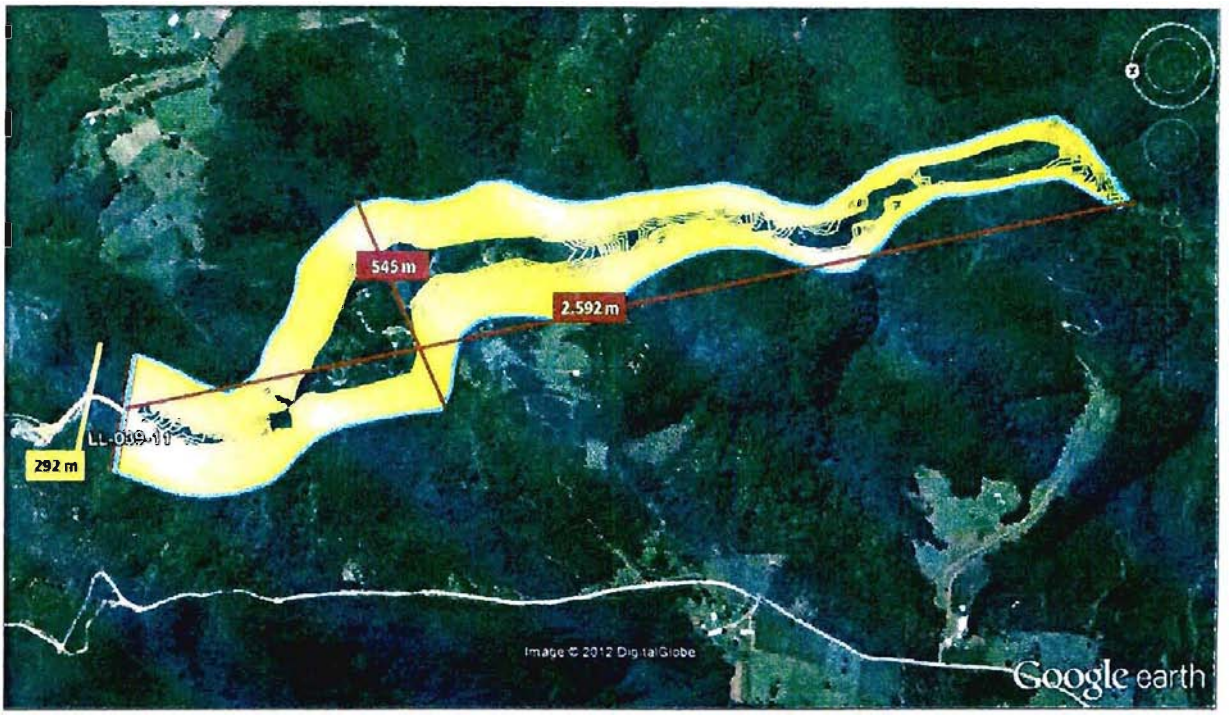


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1 1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

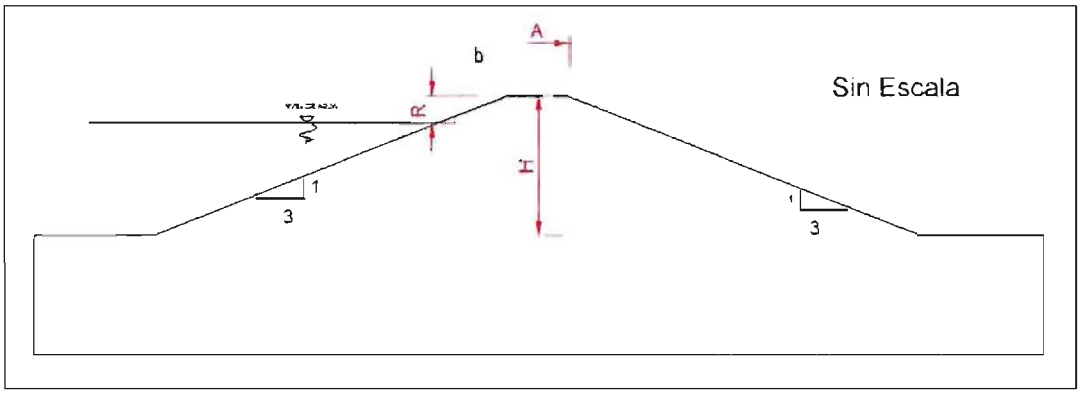
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
2,0	31,1	35,8	102,8	10,5	3,0	2,5
5,0	41,8	48,5	115,5	13,0	3,0	2,5
11,0	54,0	62,5	129,5	16,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
2,0	1,365
11,0	1,211

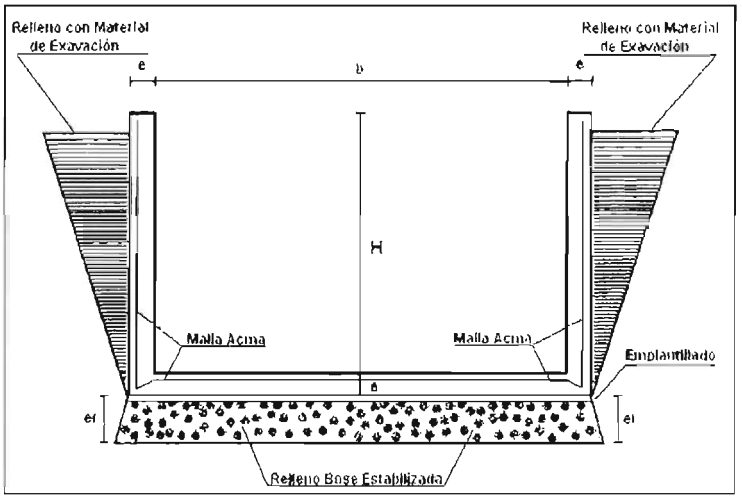
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

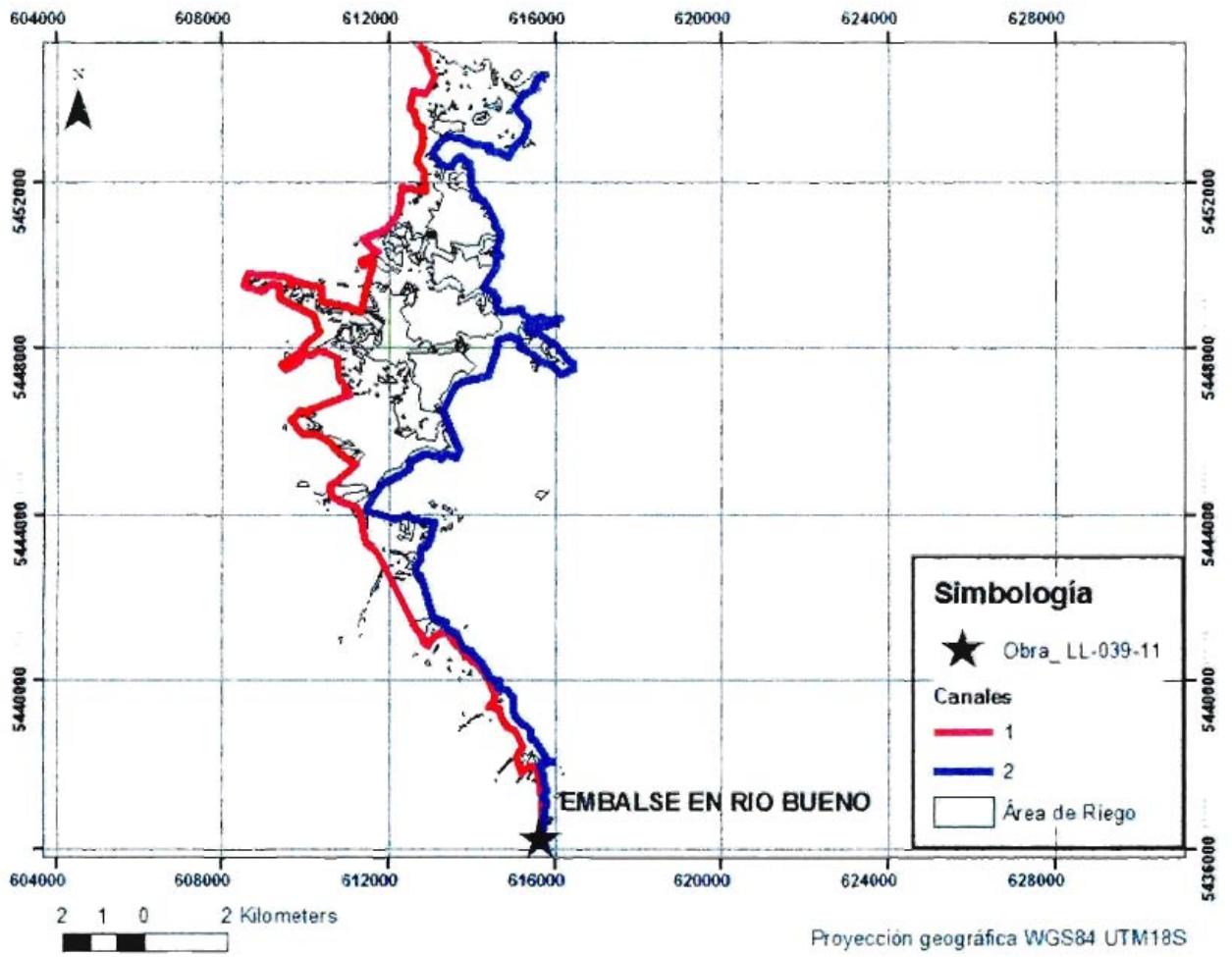
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm³)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
2,0	530	20,5	20,3	0,27	0,4	0,4	15	15
5,0	1.120	25,3	26,2	0,51	0,8	0,8	15	15
11,0	2.060	35,4	34,3	1,03	1,0	1,0	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 1,1 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

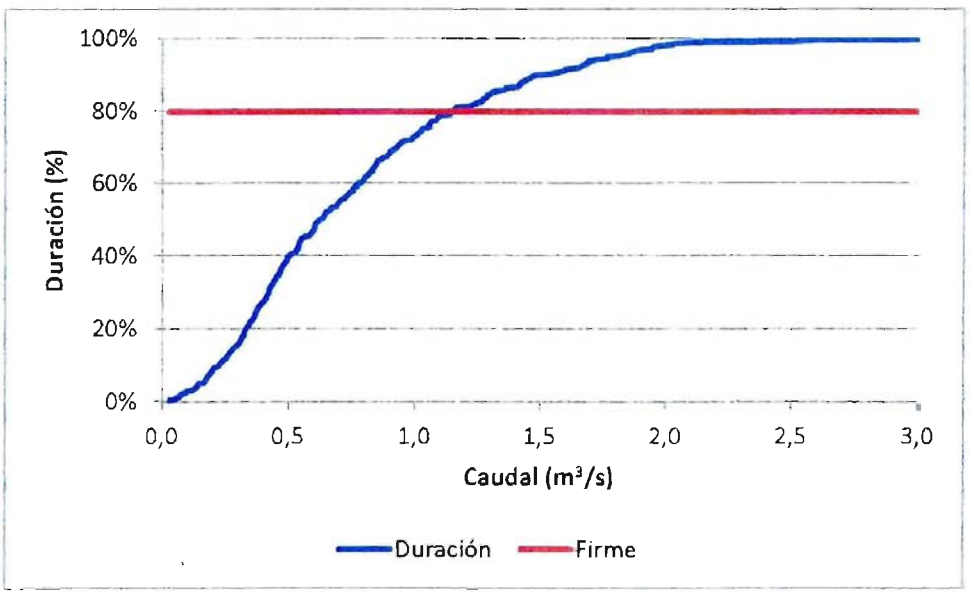
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.Nótese que a mayor volumen de regulación menor es la energía generable. Nótese que la energía generable disminuye a mayores volúmenes de embalse dado quemás agua es almacenada antes de liberarse.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
2,0	31,1	274	650,2
5,0	41,8	369	418,2
11,0	54,0	476	702,3

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1 EMBALSE DE REGULACIÓN

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 2,0 hm³ / h= 36,0 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	40.623	1.500	1.320	60.934.500	53.622.360
m³	Excavaciones	16.343	5.000	4.800	81.715.000	78.446.400
m³	Relleno de la presa	450.406	4.000	3.840	1.801.624.000	1.729.559.040
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	7.162	50.000	48.000	358.100.000	343.776.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	17.188	3.500	3.430	60.158.000	58.954.840
Total Muro					**2.362.531.500**	**2.264.358.640**
Volumen = 5,0 hm³ / h=48,5 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	63.533	1.500	1.320	95.299.500	83.863.560
m³	Excavaciones	36.563	5.000	4.800	182.815.000	175.502.400
m³	Relleno de la presa	1.171.036	4.000	3.840	4.684.144.000	4.496.778.240
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	12.131	50.000	48.000	606.550.000	582.288.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	29.114	3.500	3.430	101.899.000	99.861.020
Total Muro					**5.670.707.500**	**5.438.293.220**
Volumen = 11,0 hm³ / h=62,5 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	88.789	1.500	1.320	133.183.500	117.201.480
m³	Excavaciones	58.854	5.000	4.800	294.270.000	282.499.200
m³	Relleno de la presa	1.965.431	4.000	3.840	7.861.724.000	7.547.255.040
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	17.608	50.000	48.000	880.400.000	845.184.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	42.259	3.500	3.430	147.906.500	144.948.370
Total Muro					**9.317.484.000**	**8.937.088.090**

1 UF al 30/4/2012	22.592,21
1 US$ al 30/4/2012	483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2 Sistema de Distribución

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Volumen = 2,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	2.995	12.594	11.335	37.719.030	33.947.127
m³	Hormigón H-30	8.262	99.523	94.547	822.259.026	781.146.075
m²	Malla Acma C-295	55.080	7.877	7.719	433.865.160	425.187.857
m²	Moldajes 3 usos	25.840	8.834	7.951	228.270.560	205.443.504
m²	Aplicación Antisol	16.320	255	230	4.161.600	3.745.440
m	Juntas de dilatación	9.792	5.994	5.395	58.693.248	52.823.923
Total Sistema Distribución					**1.584.968.624**	**1.502.293.926**
Volumen = 5,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	7.180	12.594	11.335	90.424.920	81.382.428
m³	Hormigón H-30	19.699	99.523	94.547	1.960.478.696	1.862.454.761
m²	Malla Acma C-295	131.325	7.877	7.719	1.034.447.025	1.013.758.085
m²	Moldajes 3 usos	60.083	8.834	7.951	530.776.167	477.698.550
m²	Aplicación Antisol	41.200	255	230	10.506.000	9.455.400
m	Juntas de dilatación	24.720	5.994	5.395	148.171.680	133.354.512
Total Sistema Distribución					**3.774.804.488**	**3.578.103.736**
Volumen = 11,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	12.018	12.594	11.335	151.354.692	136.219.223
m³	Hormigón H-30	32.933	99.523	94.547	3.277.615.840	3.113.735.048
m²	Malla Acma C-295	219.555	7.877	7.719	1.729.434.735	1.694.846.040
m²	Moldajes 3 usos	99.903	8.834	7.951	882.546.047	794.291.442
m²	Aplicación Antisol	69.700	255	230	17.773.500	15.996.150
m	Juntas de dilatación	41.820	5.994	5.395	250.669.080	225.602.172
Total Sistema Distribución					**6.309.393.893**	**5.980.690.075**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3 MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
2,00	274,0	662.271.700	29.314	1.370.000
5,00	369,0	891.891.450	39.478	1.845.000
11,00	476,0	1.150.515.800	50.925	2.380.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4 EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo F. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
2,00	22,1	109.798.141,0
5,00	34,3	170.345.263,0
11,00	50,3	249.869.843,0

Fuente: Elaboración propia

5.5 RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 3,0 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	2.362.531.500	2.264.358.640
Obra de Desvío	236.253.150	226.435.864
Obra de Toma	118.126.575	113.217.932
Vertedero	826.886.025	792.525.524
Sistema de Distribución	1.584.968.624	1.502.293.926
Caminos de Acceso	236.253.150	226.435.864
TOTAL COSTO DIRECTO	**5.375.019.024**	**5.135.267.750**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**3.225.011.414**	**3.081.160.650**
Minicentral Hidroeléctrica	662.271.700	662.271.700
TOTAL COSTO DIRECTO	**662.271.700**	**662.271.700**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**231.795.095**	**231.795.095**
EXPROPIACIONES	**109.798.141**	**109.798.141**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**9.603.895.374**	**9.220.293.336**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**425.116**	**408.136**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**19.866.977**	**19.073.444**

Volumen = 5,0 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	5.670.707.500	5.438.293.220
Obra de Desvío	567.070.750	543.829.322
Obra de Toma	283.535.375	271.914.661
Vertedero	1.984.747.625	1.903.402.627
Sistema de Distribución	3.774.804.488	3.578.103.736
Caminos de Acceso	567.070.750	543.829.322
TOTAL COSTO DIRECTO	**12.857.936.488**	**12.289.372.888**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**7.714.761.893**	**7.373.623.733**
Minicentral Hidroeléctrica	891.891.450	891.891.450
TOTAL COSTO DIRECTO	**891.891.450**	**891.891.450**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**312.162.008**	**312.162.008**
EXPROPIACIONES	**170.345.263**	**170.345.263**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**21.947.097.101**	**21.037.395.341**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**971.488**	**931.220**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**45.400.586**	**43.518.743**

Volumen = 11,0 hm^3		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	9.317.484.000	8.937.088.090

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvio	931.748.400	893.708.809
Obra de Toma	465.874.200	446.854.405
Vertedero	3.261.119.400	3.127.980.832
Sistema de Distribución	6.309.393.893	5.980.690.075
Caminos de Acceso	931.748.400	893.708.809
TOTAL COSTO DIRECTO	**21.227.368.293**	**20.290.031.019**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**12.736.420.976**	**12.174.018.611**
Minicentral Hidroeléctrica	1.150.515.800	1.150.515.800
TOTAL COSTO DIRECTO	**1.150.515.800**	**1.150.515.800**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**402.680.530**	**402.680.530**
EXPROPIACIONES	**249.869.843**	**249.869.843**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**35.766.855.442**	**34.267.115.803**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**1.583.220**	**1.516.834**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**73.988.654**	**70.886.237**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1 GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros

básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561 772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Flujos Alternativas a precios de Mercado ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	61.432.625	61.432.625	0	61.432.625	0	61.432.625	0	61.432.625	0
1	62.206.898	-227.551.904	-289.758.802	-583.716.974	-645.923.872	-988.667.974	-1.050.874.872	-1.633.844.143	-1.696.051.041
2	62.206.898	-227.542.843	-289.749.741	-742.512.290	-804.719.188	-1.324.800.907	-1.387.007.806	-2.252.514.975	-2.314.721.873
3	62.206.898	-227.527.821	-289.734.719	-1.109.349.460	-1.171.556.358	-2.101.239.904	-2.163.446.802	-3.681.539.933	-3.743.746.831
4	62.206.898	-227.526.741	-289.733.639	-517.652.526	-579.859.424	-848.787.761	-910.994.659	-1.376.359.152	-1.438.566.051
5	62.206.898	-274.789.758	-336.996.657	-421.219.094	-483.425.992	-591.876.396	-654.083.295	-863.771.082	-925.977.980
6	46.632.926	-417.205.518	-463.838.444	7.117.000	-39.515.926	485.617.155	438.984.229	1.247.973.333	1.201.340.407
7	54.987.065	-81.684.543	-136.671.608	822.743.910	767.756.845	1.833.171.028	1.778.183.963	3.443.004.064	3.388.016.998
8	54.522.142	-81.764.929	-136.287.071	1.271.304.689	1.216.782.547	2.782.914.523	2.728.392.381	5.191.242.055	5.136.719.913
9	55.597.450	-81.645.984	-137.243.435	1.566.559.319	1.510.961.868	3.406.524.521	3.350.927.071	6.337.994.506	6.282.397.055
10	57.256.307	-80.248.624	-137.504.931	1.859.086.457	1.801.830.150	4.022.427.956	3.965.171.649	7.469.107.631	7.411.851.324
11	59.873.560	-78.904.605	-138.778.165	2.021.413.555	1.961.539.995	4.362.455.976	4.302.582.416	8.092.252.375	8.032.378.816
12	60.436.924	-78.905.307	-139.342.232	2.022.103.124	1.961.666.200	4.363.145.545	4.302.708.620	8.092.941.944	8.032.505.020
13	61.432.625	-78.905.929	-140.338.554	2.023.280.957	1.961.848.332	4.364.323.378	4.302.890.753	8.094.119.777	8.032.687.152
14	62.206.898	-78.907.043	-141.113.942	1.314.444.179	1.252.237.281	2.862.932.495	2.800.725.597	5.330.015.574	5.267.808.675
15	62.206.898	-78.905.963	-141.112.862	495.119.888	432.912.989	1.128.765.400	1.066.558.502	2.138.302.318	2.076.095.420
16	62.206.898	-78.905.830	-141.112.728	-925.363.036	-987.569.935	-1.877.803.269	-1.940.010.167	-3.395.250.419	-3.457.457.317
17	56.322.294	-86.134.089	-142.456.383	-268.159.231	-324.481.525	-478.708.496	-535.030.790	-814.159.866	-870.482.161
18	60.771.306	-81.684.543	-142.455.848	-94.558.936	-155.330.242	-116.235.461	-177.006.767	-150.770.942	-211.542.248
19	51.001.224	-81.764.929	-132.766.153	341.434.420	290.433.196	818.682.853	767.681.628	1.579.044.762	1.528.043.537
20	55.025.298	-81.645.984	-136.671.282	822.772.320	767.747.022	1.833.188.483	1.778.163.185	3.443.004.064	3.387.978.766
21	55.027.902	-80.248.624	-135.276.526	1.272.431.424	1.217.403.522	2.783.606.765	2.728.578.863	5.191.242.055	5.136.214.153
22	56.994.811	-78.904.605	-135.899.416	1.568.596.380	1.511.601.569	3.407.776.049	3.350.781.239	6.337.994.506	6.280.999.695
23	58.266.852	-78.905.307	-137.172.159	1.860.085.169	1.801.818.317	4.023.041.543	3.964.774.691	7.469.107.631	7.410.840.779
24	59.873.560	-78.905.929	-138.779.488	2.021.413.555	1.961.539.995	4.362.455.976	4.302.582.416	8.092.252.375	8.032.378.816
25	60.436.924	-78.907.043	-139.343.968	2.022.103.124	1.961.666 200	4.363.145.545	4.302.708.620	8.092.941.944	8.032.505.020
26	61.432.625	-78.905.963	-140.338.588	2.023.280.957	1.961.848.332	4.364.323.378	4.302.890.753	8.094.119.777	8.032.687.152
27	62.206.898	-78.905.830	-141.112.728	1.314.444.179	1.252.237.281	2.862.932.495	2.800.725.597	5.330.015.574	5.267.808.675
28	56.322.294	-86.134.089	-142.456.383	489.748.449	433.426.155	1.125.465.300	1.069.143.006	2.138.302.318	2.081.980.024
29	60.771.306	-81.684.543	-142.455.848	-927.428.507	-988.199.813	-1.879.072.251	-1.939.843.557	-3.395.250.419	-3.456.021.725
30	60.690.593	-81.764.929	-142.455.522	-264.913.239	-325.603.832	-476.714.226	-537.404.819	-814.159.866	-874.850.459

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Flujos Alternativas a Precios Sociales ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	103.654.908	103.654.908	0	103.654.908	0	103.654.908	0	103.654.908	0
1	104.661.760	-178.318.331	-282.980.091	-528.750.199	-633.411.959	-927.521.958	-1.032.183.717	-1.562.853.234	-1.667.514.994
2	104.661.760	-178.306.958	-282.968.717	-673.904.708	-778.566.467	-1.236.121.045	-1.340.782.804	-2.131.855.547	-2.236.517.307
3	104.661.760	-178.288.068	-282.949.828	-1.004.328.250	-1.108.990.010	-1.935.502.342	-2.040.164.102	-3.419.067.845	-3.523.729.604
4	104.661.760	-178.287.128	-282.948.888	-397.778.205	-502.439.964	-651.612.370	-756.274.130	-1.056.026.125	-1.160.687.884
5	104.661.760	-225.550.107	-330.211.866	-228.293.139	-332.954.898	-240.081.228	-344.742.988	-258.862.251	-363.524.011
6	88.213.972	-360.737.183	-448.951.155	287.182.149	198.968.178	1.001.768.084	913.554.113	2.140.260.930	2.052.046.958
7	95.762.140	-36.603.190	-132.365.331	1.135.974.390	1.040.212.250	2.449.749.748	2.353.987.608	4.542.883.370	4.447.121.230
8	95.551.504	-32.814.156	-128.366.660	1.642.316.665	1.546.765.160	3.513.237.702	3.417.686.198	6.494.027.152	6.398.475.647
9	97.052.812	-32.864.198	-129.917.010	1.991.494.285	1.894.441.472	4.252.355 087	4.155.302.275	7.854.404.502	7 757 351.690
10	98.971.507	-32.580.875	-131.552.382	2.332.613.811	2.233.642.304	4.972.578.739	4.873.607.232	9.178.624.557	9 079 653 050
11	101.772.277	-31.104.433	-132.876.710	2.531.776.651	2.430.004.375	5.390.562.067	5.288.789.791	9.945.237.137	9.843 464.860
12	102.486.168	-29.665.510	-132.151.679	2.534.839.017	2.432.352.849	5.393.211.921	5.290.725.753	9.947.229.768	9 844.743 600
13	103.654.908	-29.666.153	-133.321.061	2.535.673.257	2 432.018.349	5.394.046.161	5.290.391.253	9.948.064.008	9 844 409.100
14	104.661.760	-29.667 569	-134.329.328	1.747.174.595	1.642.512.836	3 723.622.686	3.618.960.926	6.872.539.982	6.767 878.222
15	104.661.760	-29.666.489	-134.328.248	799.829 746	695.167.986	1.717.160,372	1.612.498.612	3.178.670.183	3.074 008.424
16	104.661.760	-29.666.355	-134.328.115	820.341 827	-925.003.586	-1.712.065.767	-1.816.727 497	-3.132.778.331	-3.237 440 091
17	99.163.352	-29.665.992	-128.829.344	-142.913 471	-242.076.823	-278.233.005	-377.396 357	-493.826.839	-592 990 191
18	102.952.037	-36.603.461	-139.555.498	95.277.003	-7.675.033	233.661.266	130.709.229	454.137.888	351.185.851
19	91.952.615	-32.814.450	-124.767.064	615.913.384	523.960.770	1.331.401.747	1.239 449.132	2.471.332 359	2.379.379.744
20	95.995.421	-32.864.492	-128.859.913	1.138.752.498	1.042.757.077	2.451.456.560	2.355.461.139	4.542.883.370	4.446.887.949
21	96.278.641	-32.581.169	-128.859.810	1.642.490.011	1.546.211.370	3.513.344.202	3.417.065.561	6 494.027 152	6.397.748 511
22	98.529.254	-31.104.727	-129.633.981	1.992.801.929	1.894.272.675	4.253.158.477	4.154.629 223	7 854.404.502	7.755.875 248
23	100.004.135	-29.665.833	-129.669.968	2.334.780.659	2.234.776.523	4.973.910.005	4.873.905 870	9 178.624.557	9 078.620.422
24	101.772.277	-29.666.454	-131.438.730	2.532.846.386	2.431.074.109	5.391.219.290	5.289.447 013	9 945.237.137	9.843.464 860
25	102.486.168	-29.667.569	-132.153.737	2.534.839.017	2.432.352.849	5.393.211.921	5.290.725.753	9.947.229.768	9.844.743.600
26	103.654.908	-29.666.489	-133.321.396	2.535.673.257	2.432.018.349	5.394.046.161	5.290.391 253	9 948.064.008	9.844.409.100
27	104.661.760	-29.666.355	-134.328.115	1.747.174.595	1.642.512.836	3.723.622.686	3.618.960 928	6.872.539 982	6.767 878 222
28	99.163.352	-29.665.992	-128.829.344	799.829.746	700.666.394	1.717.160.372	1.617.997.020	3.178.670 183	3.079.506.831
29	102.952.037	-36.603.461	-139.555.498	-825.497.313	-928 449.350	-1.715.233.130	-1.818 185 167	-3.132.778.331	-3.235 730 368
30	102.901.995	-32.814.450	-135.716.445	-145.253.664	-248.155.659	-279.670.771	-382.572.766	-493.826.839	-596 728 834

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este

motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
2,0	6.064.080.640	5.812.758.118	2.535.949.798	2.403.670.281
5,0	14.533.011.200	13.938.030.643	6.039.687.181	5.724.965.978
11,0	23.868.759.040	22.894.945.510	10.095.030.229	9.569.104.120

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 Costo MCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
2,00	274	894.066.795
5,00	365	1.204.053.458
11,00	476	1.553.196.330

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en ambos casos el proyecto no es rentable a precios privados y sociales. La evaluación se presenta en el Anexo F.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
2,00	-7.945,4	-0,92	3,1%	-229,8	-0,03	5,8%
5,00	-17.358,9	-0,84	3,4%	-138,3	-0,01	6,0%
11,00	-26.015,6	-0,77	4,5%	6.402,4	0,20	7,1%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
2,00	-8.669,0	-0,91	2,9%	-815,4	-0,09	5,5%
5,00	-18.498,8	-0,85	3,2%	-1.209,7	-0,06	5,7%
11,00	-27.427,2	-0,77	4,3%	5.121,0	0,15	6,8%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 11,0m³, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 2.060 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, junto a la MCH.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN RÍO BUENO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	2
3.1	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	8
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DELSUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	91,3	57,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	8,7	35,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,5	0,5
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	65,3	65,3
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	1,3	1,3
Cereales y barbecho	1,5	1,5
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	31,1	31,1
Forrajeras anuales	0,3	0,3
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
21,8	14,6	17,9	24,5	40,8	64,9	95,7	138,8	143,7	104,8	73,9	37,7	779,1

Fuente:INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and DrainagePaper 56, denominado "CropEvapotranspirationGuidelinesforcomputingcropwaterrequeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivoy grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	539,8
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	740,3
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	522,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

Laprecipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
135,0	126,0	134,0	111,0	101,0	67,0	58,0	43,0	60,0	48,0	45,0	96,0	1.024,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,6	102,7	90,9	33,7	0,0	0,0	245,9
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,9	88,9	76,5	51,6	25,2	0,0	275,1
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,8	100,9	54,7	9,7	0,0	261,1

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de;surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficienciade RiegoPonderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	207,0	1.141,0	1.010,0	374,0	0,0	0,0	2.732,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	439,0	1.185,0	1.020,0	688,0	336,0	0,0	3.668,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2.129,0	2.242,0	1.216,0	216,0	0,0	5.803,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA(m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,2	1.144,8	1.010,9	401,3	29,2	0,0	2.813,4
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	271,6	1.235,4	1.112,1	551,3	134,9	0,0	3.305,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	**-**	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	**-**	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN RÍO BUENO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 1,1 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

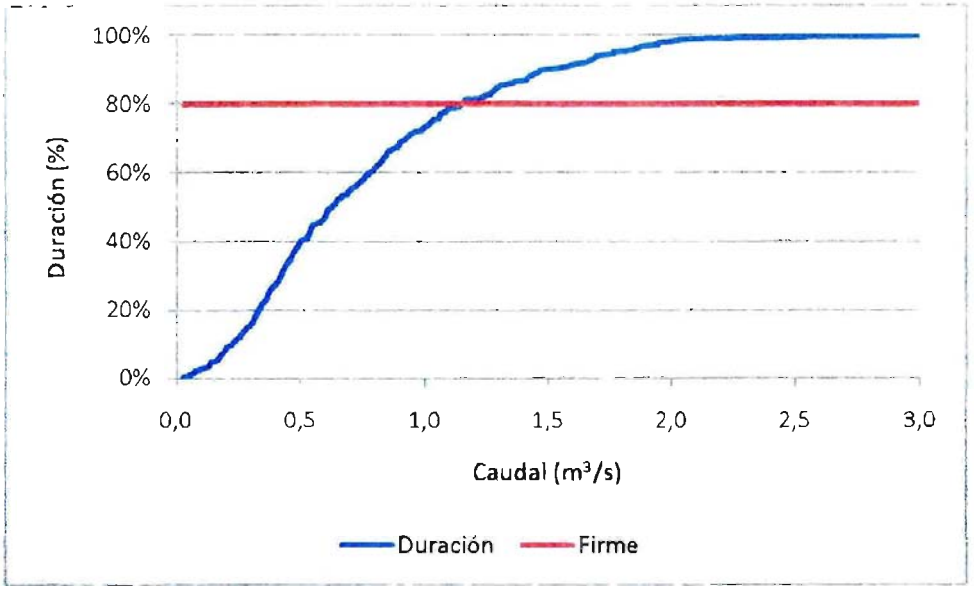
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN RÍO BUENO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

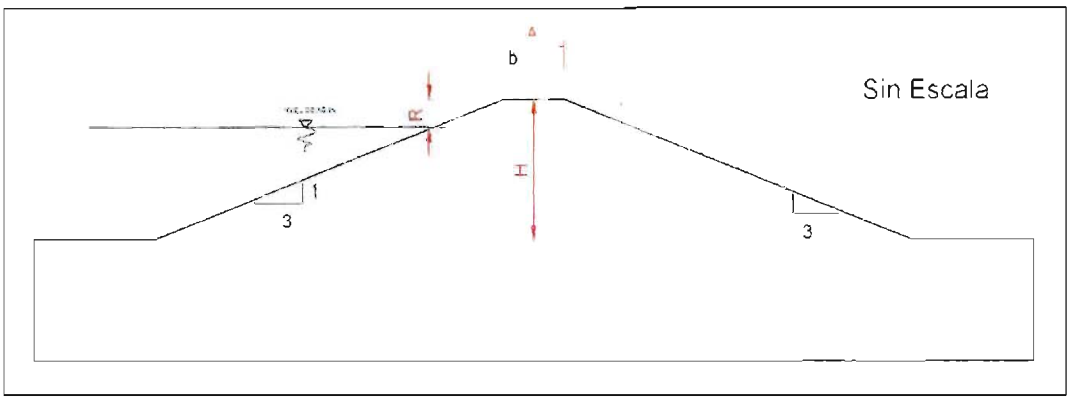
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
2,0	31,1	35,8	102,8	10,5	3,0	2,5
11,0	54,0	62,5	129,5	16,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
2,0	SC	43	22,0	2,0	2,0
11,0	SC	43	22,0	2,0	2,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es

un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

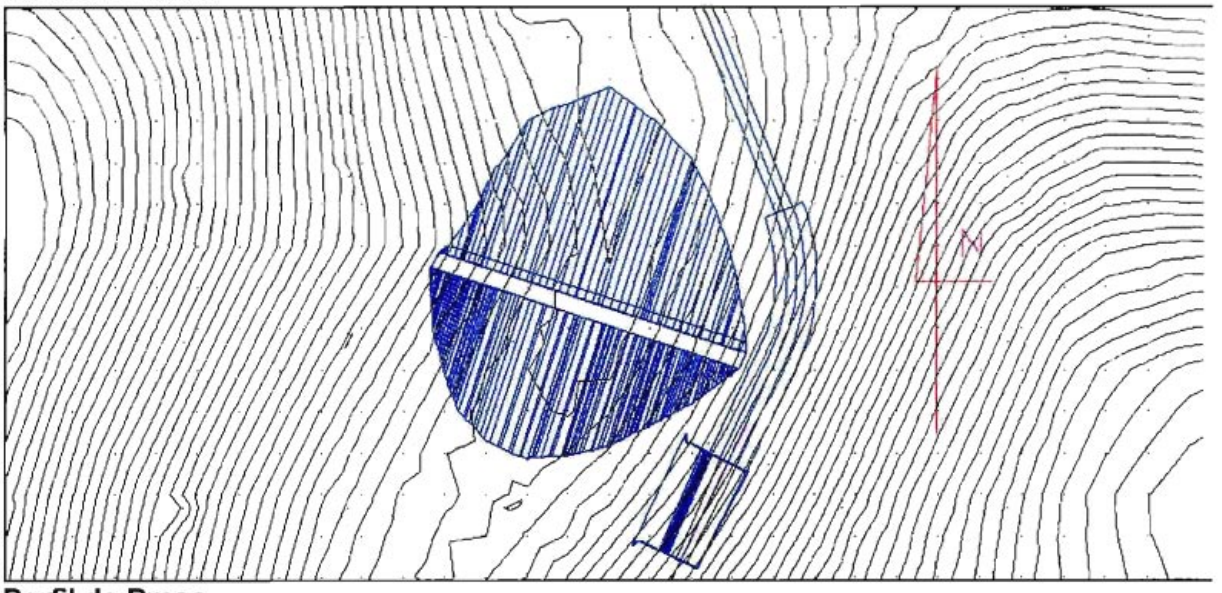
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
2,0	1,365
11,0	1,211

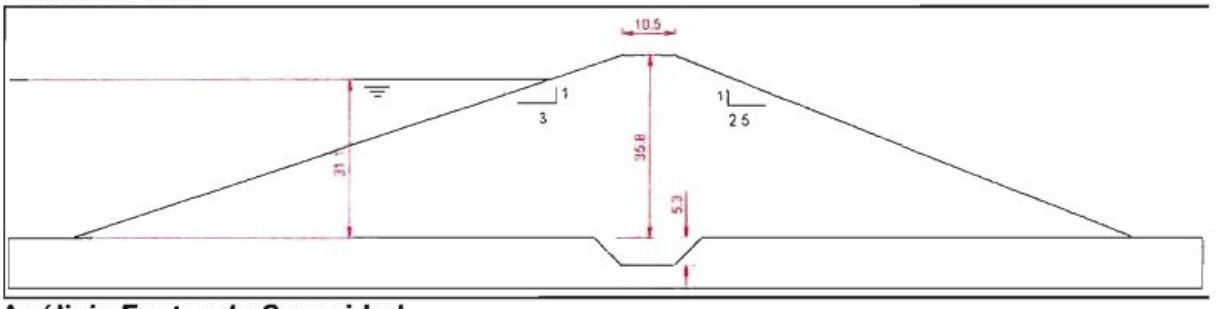
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 2,0 hm^3

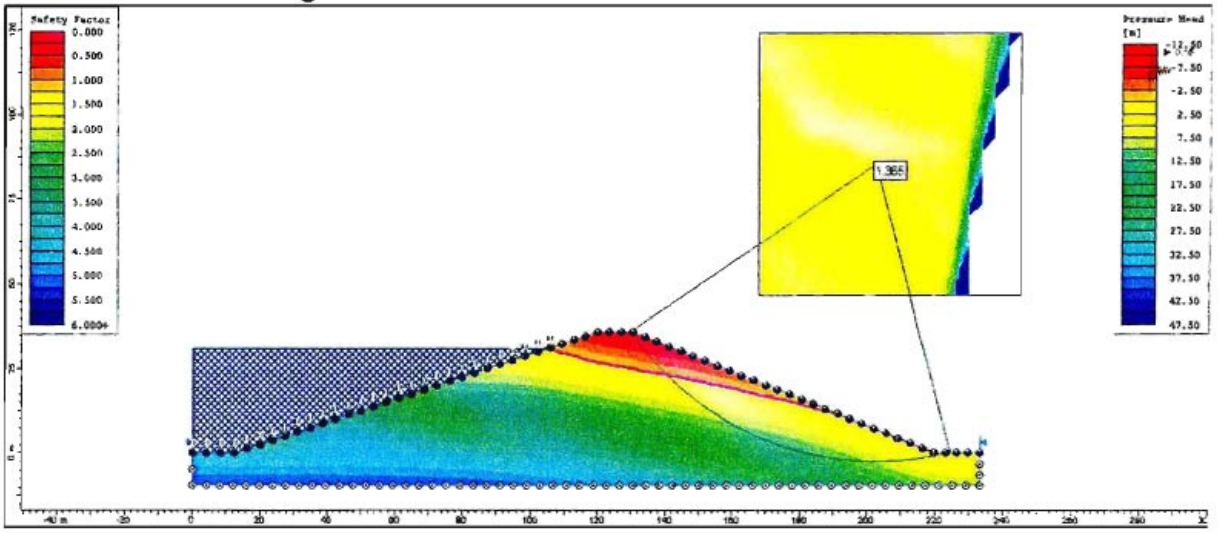
Vista en Planta



Perfil de Presa



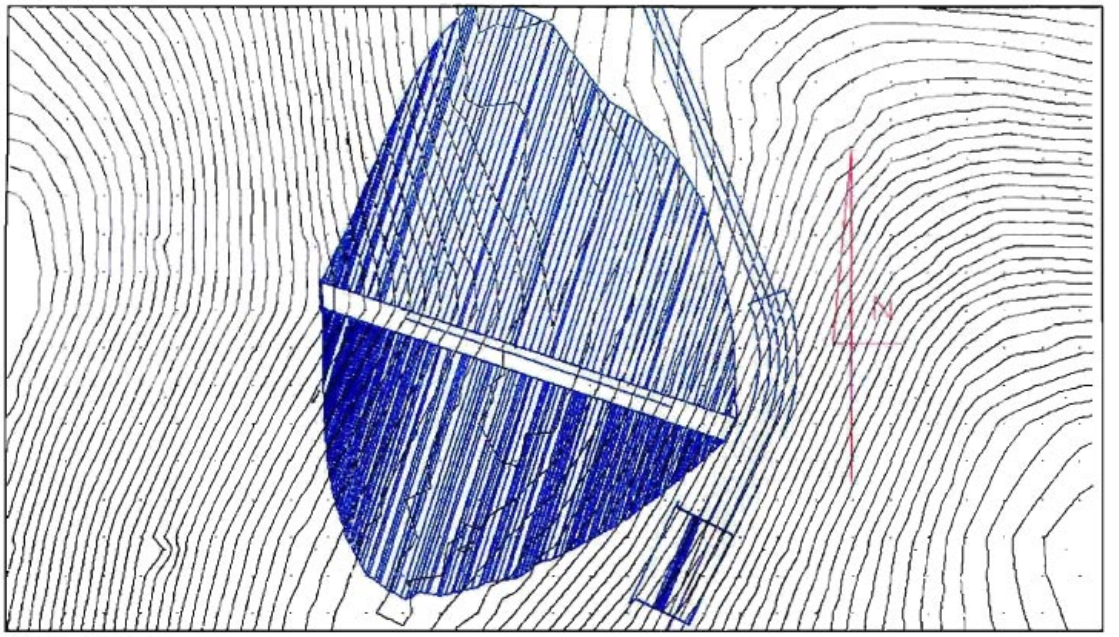
Análisis Factor de Seguridad



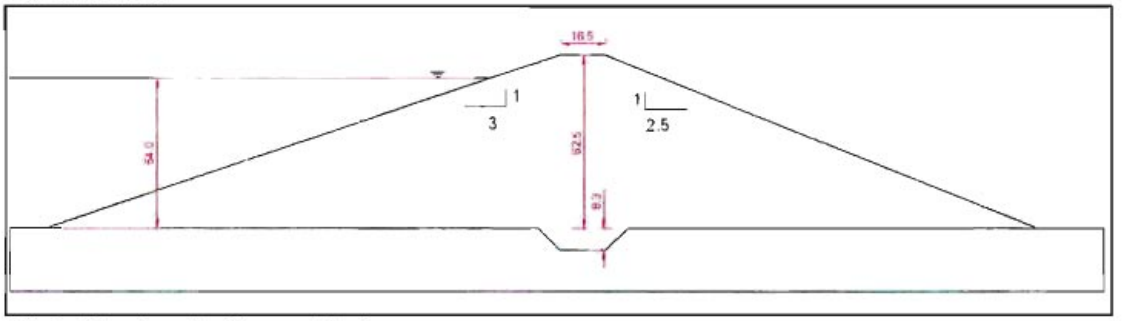
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 11,0 hm^3

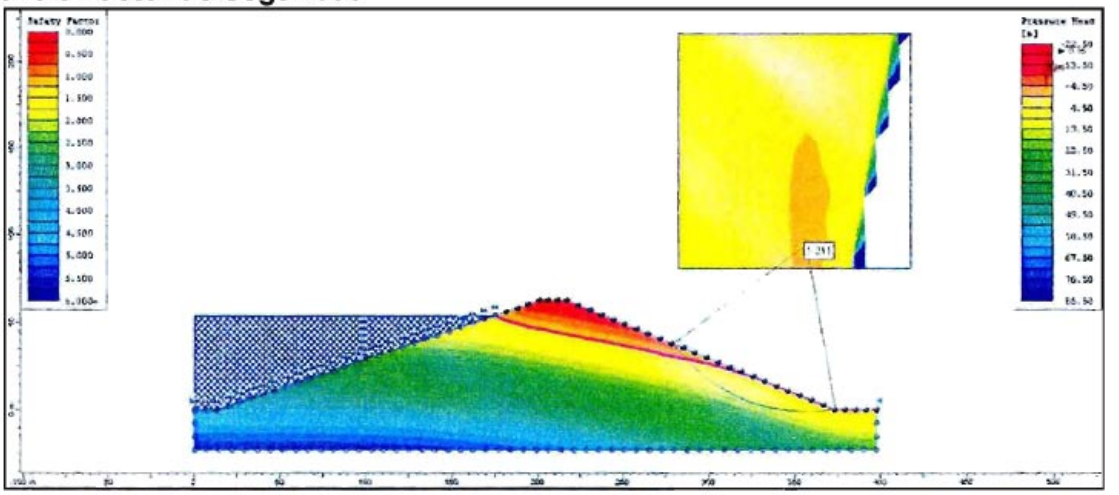
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #9:

EMBALSE EN RÍO NARANJO



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN RÍO NARANJO (LL-049-03)"

DICIEMBRE– 2012

Acápite	Descripción	#
1.	**INTRODUCCIÓN**	1
2.	**DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**	1
2.1	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA	3
3.	**DIAGNÓSTICO**	3
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	17
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	17
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	17
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	18
3.6.3.	Demandas de Agua	19
3.7.	BALANCE HÍDRICO	20
4.	**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO**	21
4.1.	OBRAS CIVILES	21
4.1.1.	Embalse de Regulación	21
4.1.2.	Sistema de Distribución	26
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	28
5.	**PRESUPUESTO DE LAS OBRAS**	29
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	29
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	30
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	31
5.4.	EXPROPIACIONES	32
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	32
6.	**EVALUACIÓN ECONÓMICA**	34
6.1.	GENERALIDADES	34
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	35
6.3.	BENEFICIOS	35
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	35
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	43
6.4.	COSTOS	43
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	43
6.4.2.	Costos Obras Civiles	45
6.4.3.	Costo MCH	45
6.4.4.	Costos Ambientales	45
6.5.	RESULTADOS	45

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Rio Naranjo**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Naranjo comuna de Los Muermos, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del Río Naranjo actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situaciónha impedidoque la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Río Naranjo.

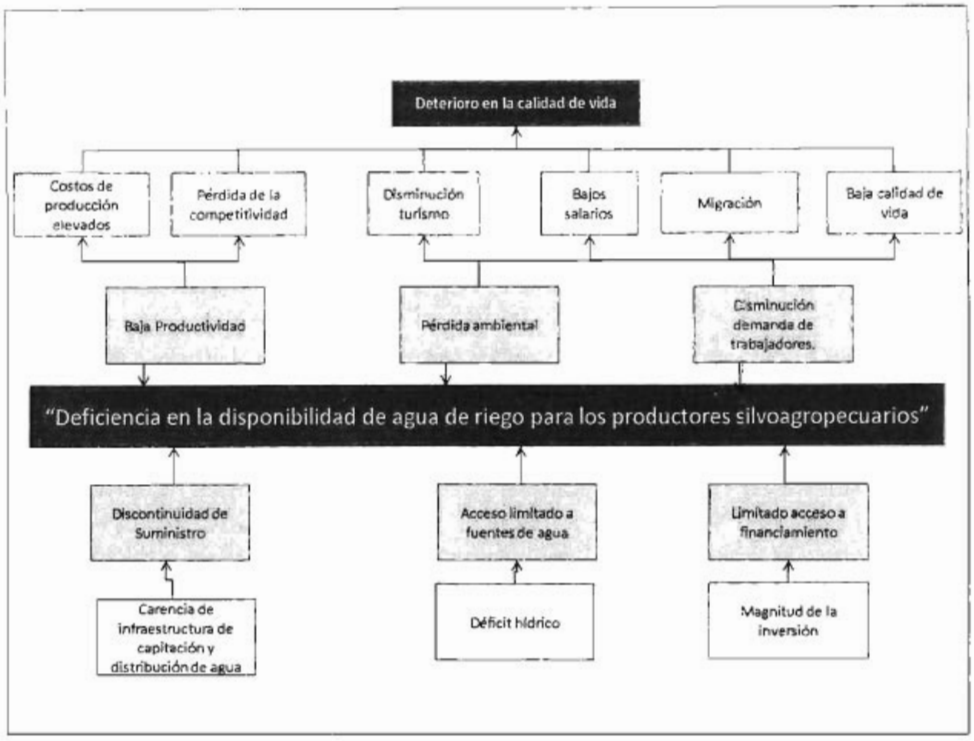
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Naranjo, existen 21.500 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían 8.200 ha de frutales, 11.400 de praderas y 400 ha de cultivos anuales.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

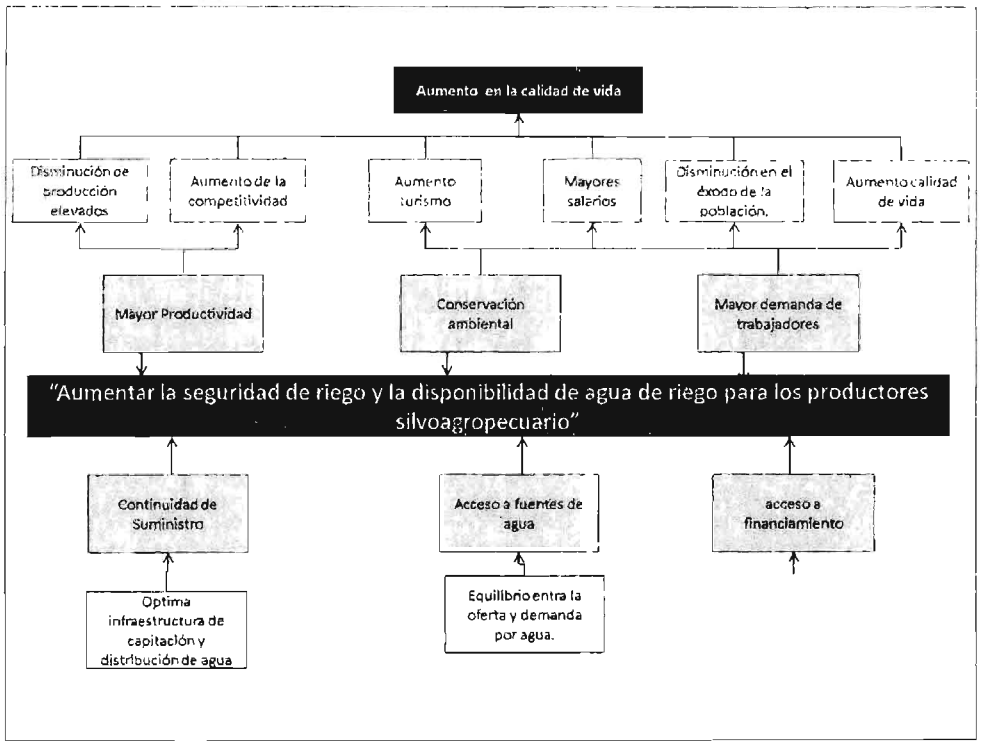


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema"en "Objetivo", los"Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines",obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile central (5.416.051N, 632.040E) la queocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es elrío Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

Según la clasificación del Altas Agroclimatológico de Chile (INEA, 1998), la provincia de Puerto Llanquihue presenta un Clima Marino Fresco principalmente, similar a la provincia de Osorno (INIA, 1998).

Se destaca el AgroclimaMaullín en la zona costera continental y hasta el norte del borde costero oriental de la Isla Grande de Chiloé. El régimen térmico de este clima presenta una temperatura media anual de 10,9°C, máximas medias del mes más cálido de 20,1°C y una mínima del mes más frío de 4,0°C. Posee un periodo libre de heladas de ocho meses. En cuanto al régimen hídrico, se caracteriza por una precipitación anual de 1890 mm, presentando 277.0 mm en el mes de junio. La estación seca se ausenta (INIA, 1998). La zona de riego comienza unos 7 km aguas abajo de la zona de embalse. Corresponde a los sectores de Runca, Liguento y posiblemente Llastuco. Los terrenos son planos actualmente la mayoría para ganado, pero con frutales y aptitud agrícola. (Figura 3.1-1).

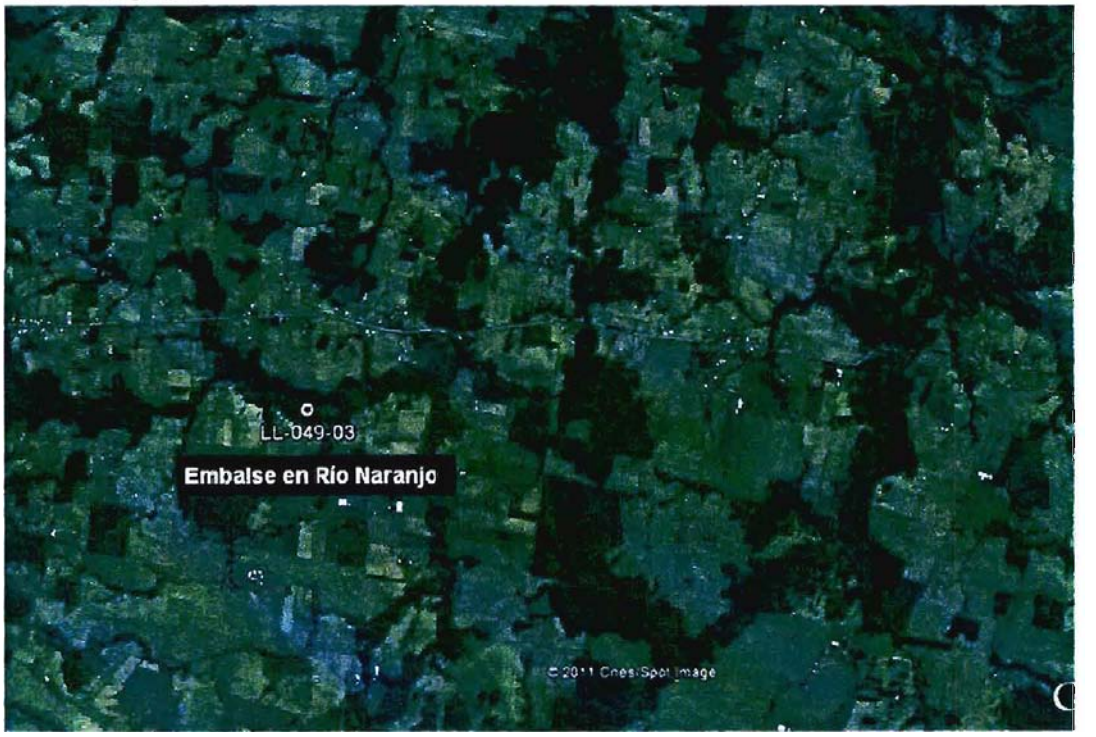
La zona de riego se encuentra 3,2 km aguas abajo de la obra. Corresponde a terrenos planos, donde se encuentra la localidad Santa Amanda Uno. Se denota alta presencia de fundos ganaderos (Figura 3.1-1).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondo del embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 21.500 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Los Muermos y está compuesta por un total de 16.964 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Llanquihue	321.493	51%	49%
Comuna Los Muermos	16.964	53%	47%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 33,6% de la población vive en la ciudad y el 66,4% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Los Muermos es de un 15,93 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Los Muermos	Región	País
Pobre Indigente	813	488	95	0,58	2,43	3,74
Pobre no Indigente	2.142	949	2.531	15,35	11,76	11,38
No Pobre	13.279	14.728	13.859	84,07	85,80	84,88
Total	16.234	16.165	16.485	100	100	100

Fuente: EncuestaCASEN 2003, 2006, 2009.

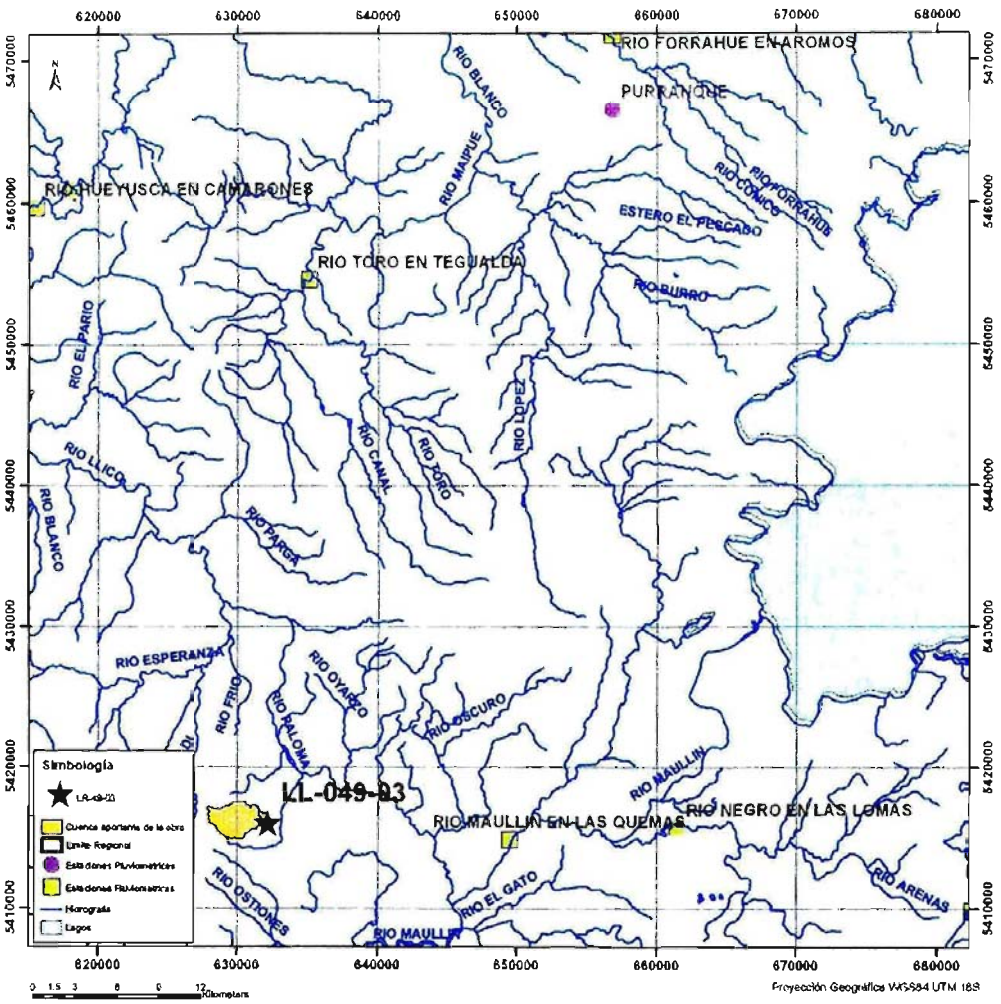
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.794 mm y un caudal medio de 300 L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía, dado que la cuenca no cuenta con control fluviométrico

En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B.Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

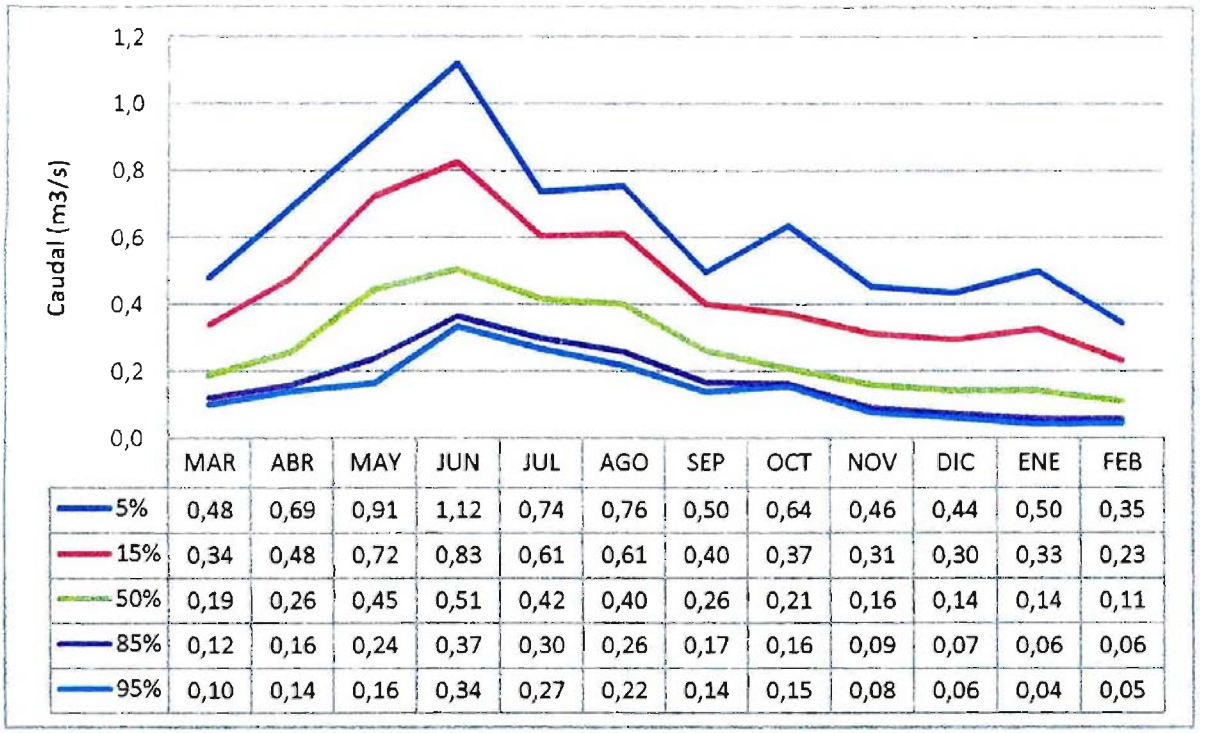
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO NARANJO



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
5%	0,48	0,69	0,91	1,12	0,74	0,76	0,50	0,64	0,46	0,44	0,50	0,35
15%	0,34	0,48	0,72	0,83	0,61	0,61	0,40	0,37	0,31	0,30	0,33	0,23
50%	0,19	0,26	0,45	0,51	0,42	0,40	0,26	0,21	0,16	0,14	0,14	0,11
85%	0,12	0,16	0,24	0,37	0,30	0,26	0,17	0,16	0,09	0,07	0,06	0,06
95%	0,10	0,14	0,16	0,34	0,27	0,22	0,14	0,15	0,08	0,06	0,04	0,05

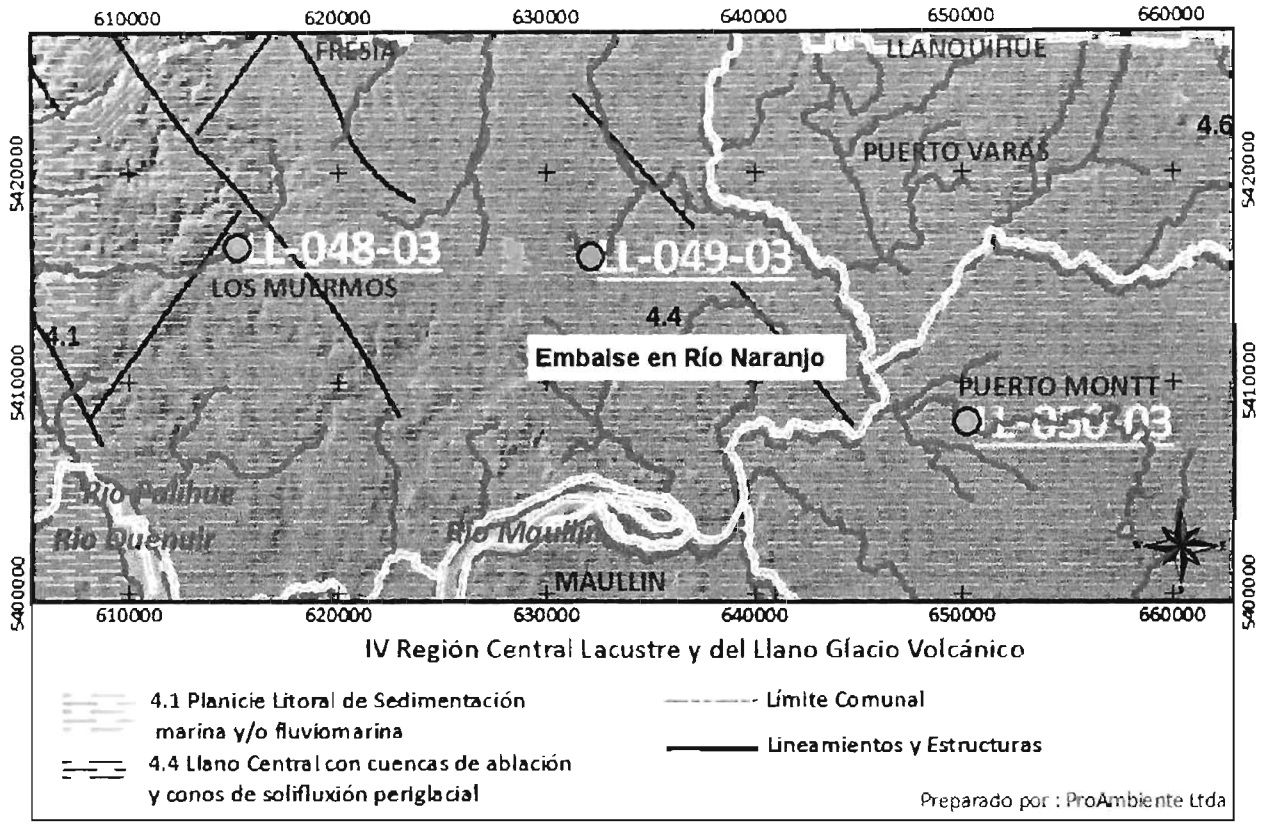
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad 4.4 del Llano Central con morrenas de ablación y conos de solifluxión periglacial. Predominio de extensas planicies y terrazas glaciofluviales desarrolladas entre cordones morrénicos de relieve suavizados.Lineamientos siguen patrón estructural regional N40-50W N50E.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL

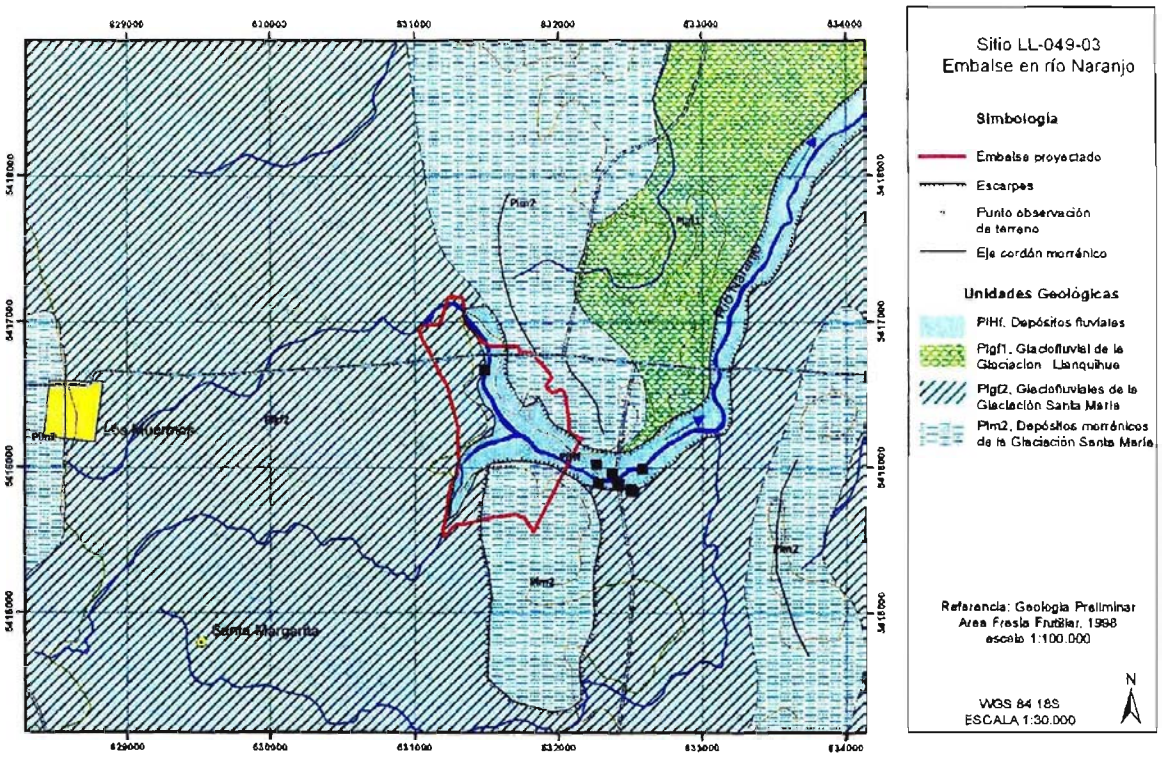


Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Su emplazamiento compromete los depósitos fluviales (PlHf) del Pleistoceno superior-Holoceno; los glaciofluviales (Plgf2) y morrenicos (Plm2) de la glaciación Santa María (Pleistoceno Medio). Los primeros corresponden a gravas bien seleccionadas y redondeadas con matriz de arenas finas a medias no consolidadas. Ocupan el valle actual del río. Los segundos conforman las planicies y llanuras que alcanzan una amplia distribución y consisten en gravas y ripios con moderada a buena selección, subredondeadas a redondeadas con matriz de arena gruesa a media con estratificación planar horizontal. Se encuentran cubiertos por un nivel de suelos orgánico y arcilloso rojizos con bolones dispersos. Los terceros constituyen los apoyos del muro y corresponden a diamictos glaciales mal seleccionados y matriz soportados en arenas y arcillas oxidadas y compactas de baja permeabilidad. Los clastos presentan patinas de motorización. Cubierta de sueloarcilloso rojizo con bolones dispersos.En la Figura 3.5.2-1 se presenta una figura con unidad geológica del sitio, y en la Figura 3.5.2-2 un álbum fotográfico.

FIGURA3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Acercamiento al sector del estrechamiento	
Unidad Plm2 y suelo	

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

VistaHundimiento	
Carcavas	

Fuente: Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Material excavable mecánicamente; Cárcavas y asentamiento de terreno. Puede soportar taludes subverticales. Arcilla en el sector bajo inundable (vega?).

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 3LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 21.500,0 ha, dentro de una envolvente de 350,8 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO		
Frutales y viveros	7.0	100
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.0	0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0.0	0.0
SUBTOTAL RIEGO	**7.0**	**100.0**
SECANO		
Frutales y viveros	16.2	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	1.375.2	25.5
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	21.6	0.4
Cereales y barbecho	48.5	0.9
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	3.904.5	72.4
Forrajeras anuales	27.0	0.5
SUBTOTAL SECANO	**5.393.0**	**100.0**
Subtotal Riego	7.0	0.1
Subtotal Secano	5.393.0	93.8
Infraestructura y Terrenos Estériles	350.8	6.1
TOTAL	**5.750.8**	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 21.500 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 1,0; 2,2 y 3,5 hm³, los que permiten el riego de 1.810, 3.570 y 5.400 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	1.104.1	61.0	2.177 7	61.0	3.294.0	61.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	561.1	31.0	1.106.7	31.0	1.674.0	31.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	144.8	8.0	285 6	8.0	432.0	8.0
SUBTOTAL RIEGO	**1.810.0**	**100.0**	**3.570.0**	**100.0**	**5.400.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	10.8	0.3	5.5	0.3	0.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	915.5	25.5	466.7	25.5	0.0	25.5
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	14.4	0.4	7.3	0.4	0.0	0.4
Cereales y barbecho	32.3	0.9	16.5	0.9	0.0	0.9
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	2.599.2	72.4	1.324.9	72.4	0.0	72.4
Forrajeras anuales	17.9	0.5	9.1	0.5	0.0	0.5
SUBTOTAL SECANO	**3.590.0**	**100.0**	**1.830.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	1.810.0	31.5	3.570.0	62.1	5.400.0	93.9
Subtotal Secano	3.590.0	62.4	1.830.0	31.8	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	350.8	6.1	350.8	6.1	350.8	6.1
TOTAL	**5.750.8**	**100.0**	**5.750.8**	**100.0**	**5.750.8**	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1.

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA(m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(2)}$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad \textbf{(3)}$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \qquad (4)$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \qquad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

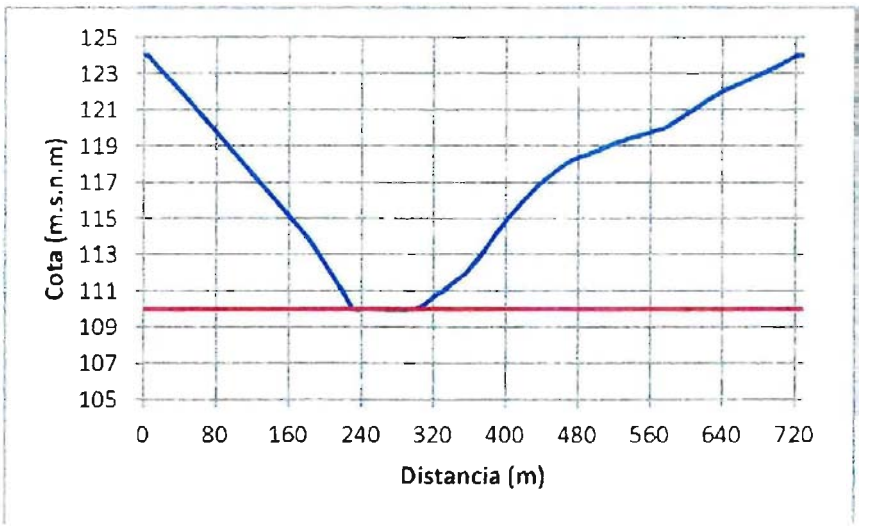
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 1,0; 2,2 y 3,5 hm³.

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



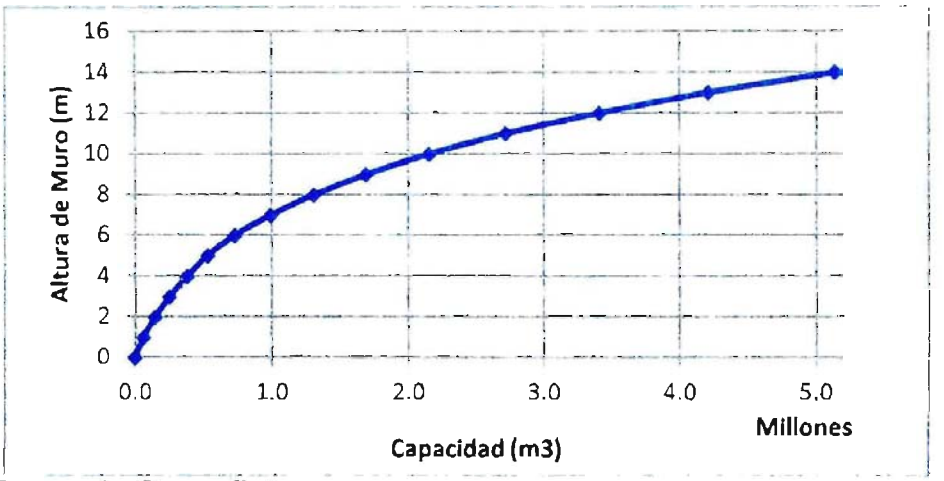
Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar Topography Mission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

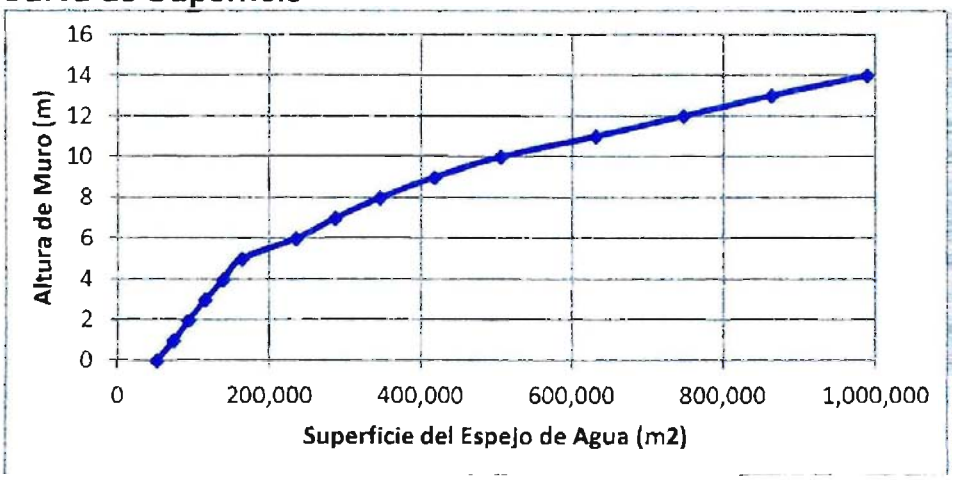
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

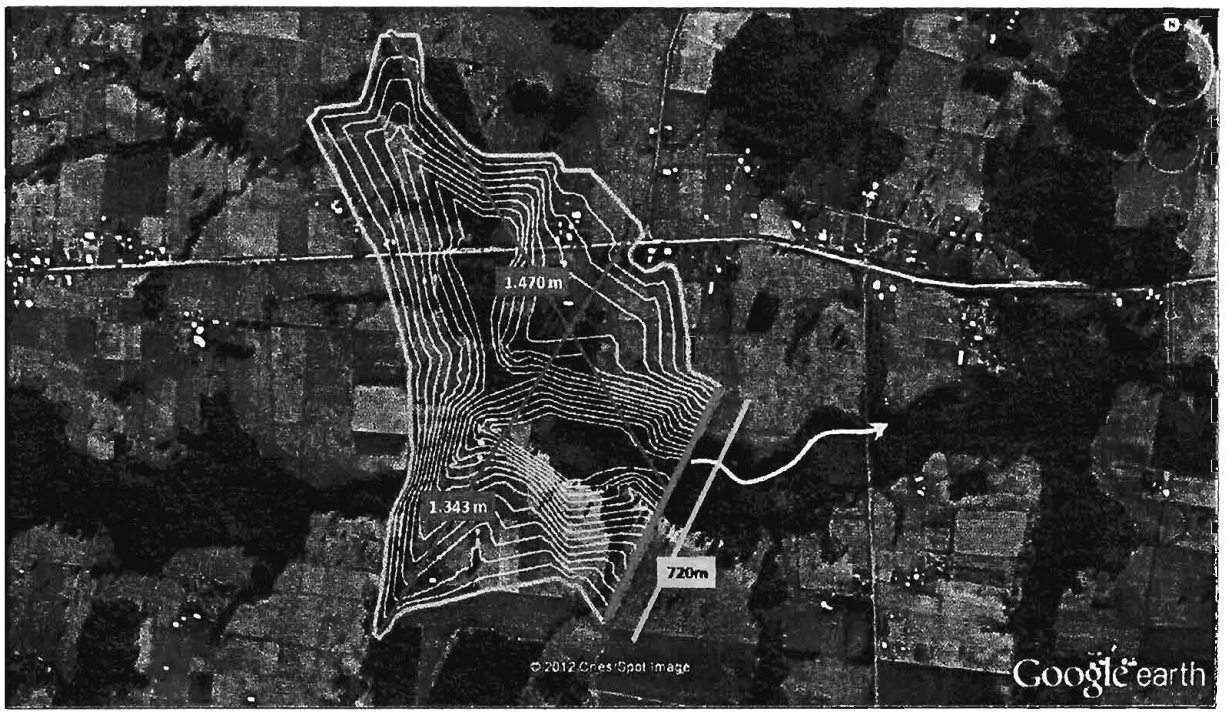


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

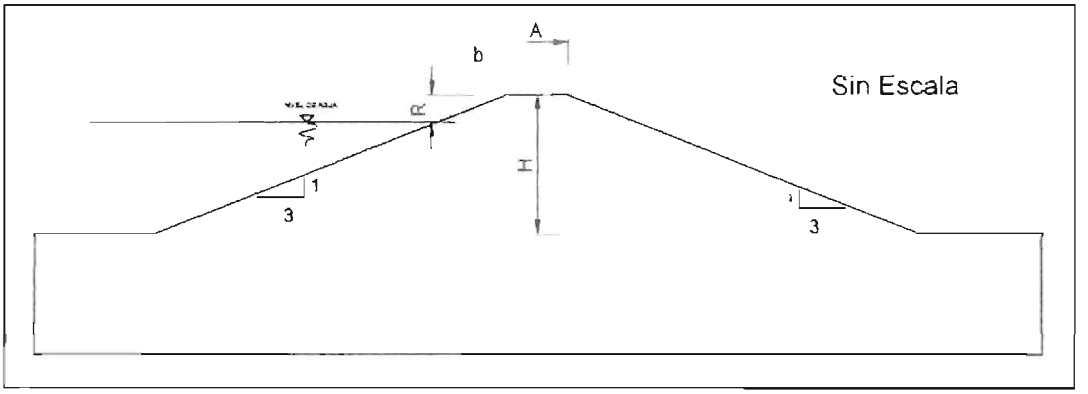
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
1,0	7,0	8,5	101,5	5,0	3,0	2,5
2,2	9,5	11,5	104,5	5,0	3,0	2,5
3,5	12,1	14,3	107,3	6,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

h

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
1,0	1,371
3,5	1,261

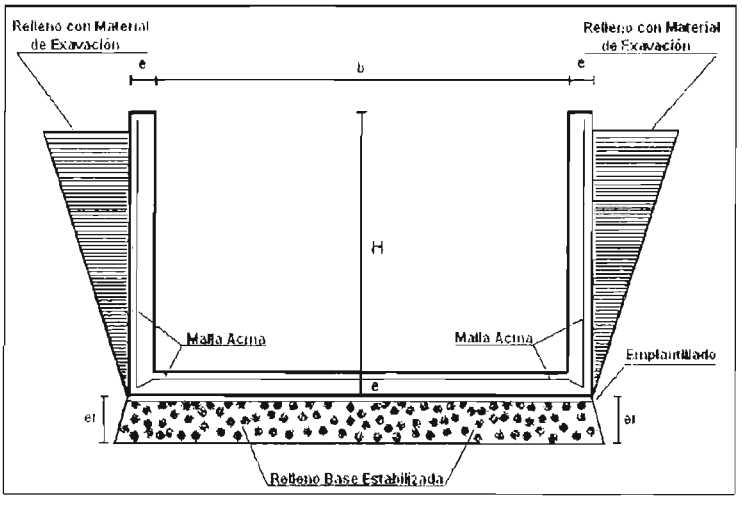
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

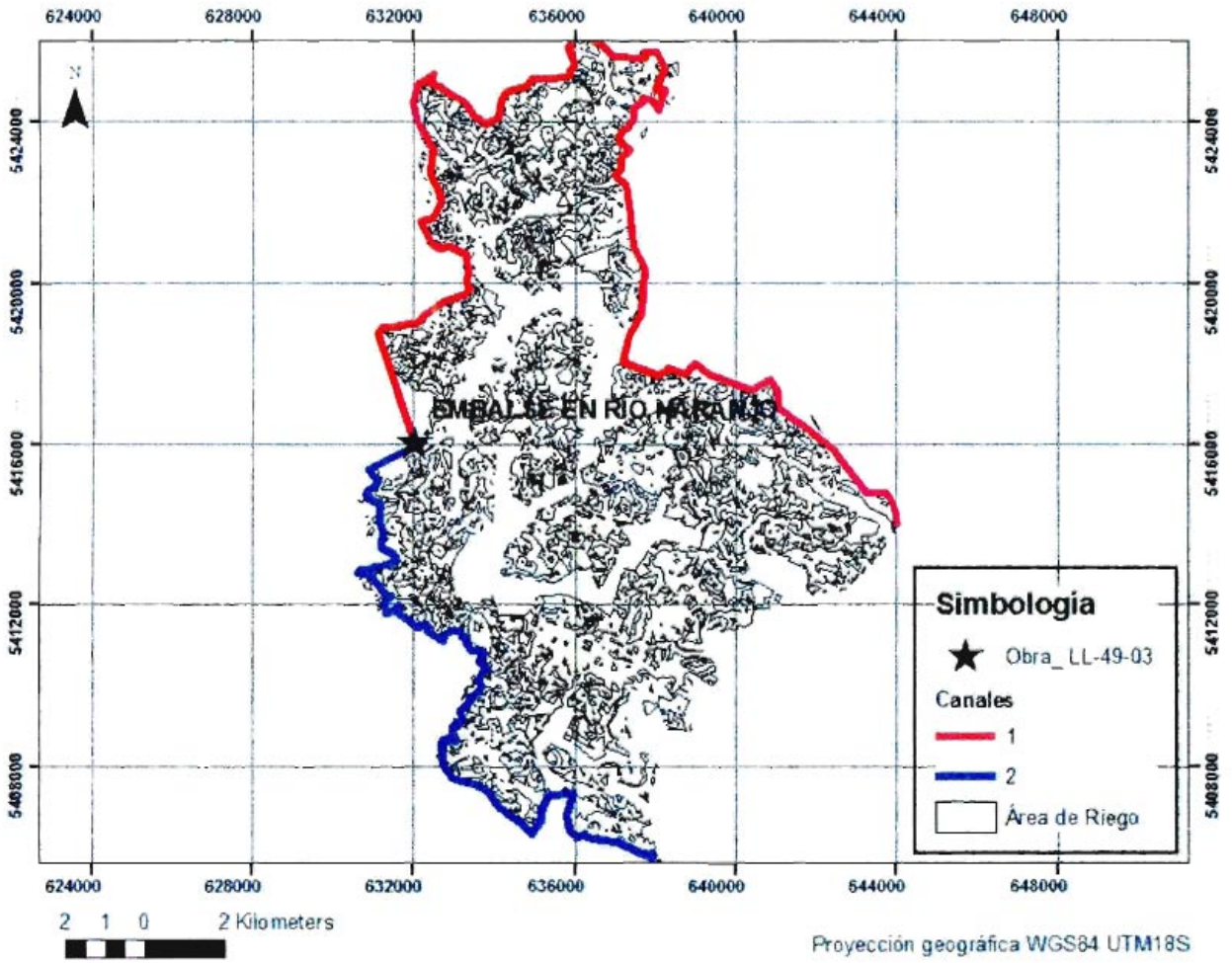
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm³)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
1,0	1.810	8,8	20,9	0,65	0,9	0,9	15	15
2,2	3.570	14,3	30,0	0,14	1,1	1,1	15	15
3,5	5.400	22,3	40,0	0,22	1,7	1,7	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 0,5 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

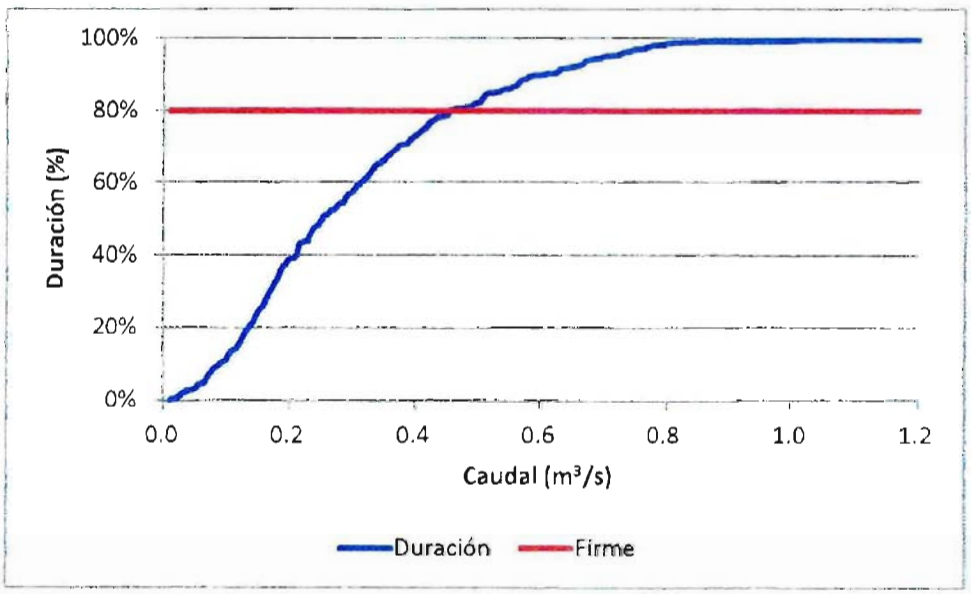
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.Nótese que la energía generable disminuye a mayores volúmenes de embalse dado quemás agua es almacenada antes de liberarse.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caida(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
1,0	7,0	25	38,1
2,2	9,9	35	27,0
3,5	12,1	43	28,2

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. Embalse de Regulación

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 2,0 hm³ / h= 8,5 m						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m²	Roce descepe y escarpe	23.933	1.500	1.320	35.899.500	31.591.560
m³	Excavaciones	7.199	5.000	4.800	35.995.000	34.555.200
m³	Relleno de la presa	55.848	4.000	3.840	223.392.000	214.456.320
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	4.080	50.000	48.000	204.000.000	195.840.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	9.793	3.500	3.430	34.275.500	33.589.990
Total Muro					**533.562.000**	**510.033.070**
Volumen = 2,2 hm³ / h=11,5 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	36.061	1.500	1.320	54.091.500	47.600.520
m³	Excavaciones	13.739	5.000	4.800	68.695.000	65.947.200
m³	Relleno de la presa	134.526	4.000	3.840	538.104.000	516.579.840
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	7.352	50.000	48.000	367.600.000	352.896.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	17.646	3.500	3.430	61.761.000	60.525.780
Total Muro					**1.090.251.500**	**1.043.549.340**
Volumen = 3,5 hm³ / h=14,3 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	47.381	1.500	1.320	71.071.500	62.542.920
m³	Excavaciones	19.843	5.000	4.800	99.215.000	95.246.400
m³	Relleno de la presa	207.958	4.000	3.840	831.832.000	798.558.720
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	10.406	50.000	48.000	520.300.000	499.488.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	24.975	3.500	3.430	87.412.500	85.664.250
Total Muro					**1.609.831.000**	**1.541.500.290**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. Sistema de Distribución

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Volumen = 1,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	4.630	12.594	11.335	58.310.220	52.479.198
m³	Hormigón H-30	12.697	99.523	94.547	1.263.618.650	1.200.437.718
m²	Malla Acma C-295	84.645	7.877	7.719	666.748.665	653.413.692
m²	Moldajes 3 usos	38.610	8.834	7.951	341.080.740	306.972.666
m²	Aplicación Antisol	26.730	255	230	6.816.150	6.134.535
m	Juntas de dilatación	16.038	5.994	5.395	96.131.772	86.518.595
Total Sistema Distribución					**2.432.706.197**	**2.305.956.403**
Volumen = 2,2 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	8.369	12.594	11.335	105.399.186	94.859.267
m³	Hormigón H-30	22.925	99.523	94.547	2.281.589.656	2.167.510.173
m²	Malla Acma C-295	152.835	7.877	7.719	1.203.881.295	1.179.803.669
m²	Moldajes 3 usos	69.403	8.834	7.951	613.109.047	551.798.142
m²	Aplicación Antisol	48.730	255	230	12.426.150	11.183.535
m	Juntas de dilatación	29.238	5.994	5.395	175.252.572	157.727.315
Total Sistema Distribución					**4.391.657.905**	**4.162.882.101**
Volumen = 3,5 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	17.937	12.594	11.335	225.898.578	203.308.720
m³	Hormigón H-30	49.061	99.523	94.547	4.882.722.784	4.638.586.645
m²	Malla Acma C-295	327.075	7.877	7.719	2.576.369.775	2.524.842.380
m²	Moldajes 3 usos	147.443	8.834	7.951	1.302.514.407	1.172.262.966
m²	Aplicación Antisol	105.910	255	230	27.007.050	24.306.345
m	Juntas de dilatación	63.546	5.994	5.395	380.894.724	342.805.252
Total Sistema Distribución					**9.395.407.317**	**8.906.112.307**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

6. Fuente: Elaboración propia

6.1. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
1,0	25,0	60.426.250	2.675	125.000
2,2	35,0	84.596.750	3.745	175.000
3,5	42,0	101.516.100	4.493	210.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6.2. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente $5.000.000 por hectárea. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
1,0	31,4	141.879.079,0
2,2	57,5	259.810.415,0
3,5	82,2	371.415.932,0

Fuente: Elaboración propia

6.3. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 1,0 hm^3		
Ítem	Mercado ($)	Social ($)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	533.562.000	510.033.070
Obra de Desvío	53.356.200	51.003.307
Obra de Toma	26.678.100	25.501.654
Vertedero	186.746.700	178.511.575
Sistema de Distribución	2.432.706.197	2.305.956.403
Caminos de Acceso	53.356.200	51.003.307
TOTAL COSTO DIRECTO	**3.296.405.397**	**3.132.009.315**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**1.977.843.238**	**1.879.205.589**
Minicentral Hidroeléctrica	60.426.250	60.426.250
TOTAL COSTO DIRECTO	**60.426.250**	**60.426.250**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**21.149.188**	**21.149.188**
EXPROPIACIONES	**141.879.079**	**141.879.079**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**5.497.703.152**	**5.234.669.421**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**243.356**	**231.713**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**11.372.754**	**10.828.633**

Volumen = 2,2 hm^3		
Ítem	Mercado ($)	Social ($)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	1.090.251.500	1.043.549.340
Obra de Desvío	109.025.150	104.354.934
Obra de Toma	54.512.575	52.177.467
Vertedero	381.588.025	365.242.269
Sistema de Distribución	4.391.657.905	4.162.882.101
Caminos de Acceso	109.025.150	104.354.934
TOTAL COSTO DIRECTO	**6.146.060.305**	**5.842.561.045**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**3.687.636.183**	**3.505.536.627**
Minicentral Hidroeléctrica	84.596.750	84.596.750
TOTAL COSTO DIRECTO	**84.596.750**	**84.596.750**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**29.608.863**	**29.608.863**
EXPROPIACIONES	**259.810.415**	**259.810.415**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**10.207.712.516**	**9.722.113.700**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**451.844**	**430.349**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**21.116.056**	**20.111.528**

Volumen = 3,5 hm^3		
Ítem	Mercado ($)	Social ($)
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	1.609.831.000	1.541.500.290

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	160.983.100	154.150.029
Obra de Toma	80.491.550	77.075.015
Vertedero	563.440.850	539.525.102
Sistema de Distribución	9.395.407.317	8.906.112.307
Caminos de Acceso	160.983.100	154.150.029
TOTAL COSTO DIRECTO	**11.981.136.917**	**11.382.512.771**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**7.188.682.150**	**6.829.507.663**
Minicentral Hidroeléctrica	101.516.100	101.516.100
TOTAL COSTO DIRECTO	**101.516.100**	**101.516.100**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**35.530.635**	**35.530.635**
EXPROPIACIONES	**371.415.932**	**371.415.932**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**19.678.281.735**	**18.720.483.100**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**871.059**	**828.662**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**40.707.229**	**38.725.891**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

7. **Fuente:** Elaboración propia

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

8.1. GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada. Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros

básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en elCuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies,los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Margen Neto SAO	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	477.696.446	477.696.446	0	477.696.446	0	477.696.446	0
1	483.632.823	-1.664.934.656	-2.148.567.479	-3.035.009.068	-3.518.641.891	-4.459.575.076	-4.943.207.899
2	483.632.823	-2.246.643.682	-2.730.276.505	-4.186.155.435	-4.669.788.258	-6.202.806.861	-6.686.439.684
3	483.632.823	-3.577.258.320	-4.060.891.143	-6.818.859.183	-7.302.492.006	-10.189.387.353	-10.673.020.177
4	483.632.823	-1.405.303.959	-1.888.936.782	-2.520.966.888	-3.004.599.711	-3.681.002.774	-4.164.635.597
5	483.632.823	-1.001.238.770	-1.484.871.593	-1.598.382.959	-2.082.015.782	-2.219.277.200	-2.702.910.023
6	400.096.238	629.672.516	229.576.277	2.070.965.028	1.670.868.790	3.569.581.675	3.169.485.437
7	437.028.779	3.282.160.058	2.845.131.278	6.423.357.743	5.986.328.963	9.689.489.427	9.252.460.647
8	433.956.179	4.915.359.232	4.481.403.053	9.656.494.040	9.222.537.862	14.586.196.711	14.152.240.532
9	441.475.576	5.994.933.954	5.553.458.377	11.784.354.223	11.342.878.647	17.804.035.526	17.362.559.950
10	451.836.251	7.064.276.418	6.612.440.166	13.886.600.809	13.434.764.558	20.980.267.648	20.528.431.397
11	465.743.042	7.660.725.135	7.194.982.093	15.050.879.932	14.585.136.890	22.734.961.341	22.269.218.299
12	470.062.377	7.666.012.080	7.195.949.703	15.056.166.878	14.586.104.501	22.740.248.287	22.270.185.910
13	477.696.446	7.675.042.562	7.197.346.116	15.065.197.360	14.587.500.914	22.749.278.769	22.271.582.323
14	483.632.823	5.096.934.015	4.613.301.192	9.956.948.796	9.473.315.973	15.010.259.619	14.526.626.796
15	483.632.823	2.112.473.595	1.628.840.772	4.051.955.419	3.568.322.596	6.068.575.725	5.584.942.902
16	483.632.823	-3.061.759.741	-3.545.392.564	-6.185.678.618	-6.669.311.441	-9.433.844.269	-9.917.477.092
17	474.384.935	-655.833.585	-1.130.218.520	-1.414.253.997	-1.888.638.932	-2.202.838.857	-2.677.223.791
18	481.376.732	-30.867.316	-512.244.048	-184.544.657	-665.921.389	-344.334.165	-825.710.897
19	406.961.193	1.514.114.567	1.107.153.375	2.953.166.709	2.546.205.517	4.449.453.880	4.042.492.687
20	437.088.863	3.282.200.054	2.845.111.191	6.423.378.131	5.986.289.268	9.689.489.427	9.252.400.564
21	434.751.001	4.916.945.498	4.482.194.497	9.657.302.638	9.222.551.637	14.586.196.711	14.151.445.710
22	443.671.583	5.997.801.817	5.554.130.233	11.785.816.114	11.342.144.531	17.804.035.526	17.360.363.943
23	453.424.363	7.065.682.448	6.612.258.085	13.887.317.532	13.433.893.169	20.980.267.648	20.526.843.285
24	465.743.042	7.660.725.135	7.194.982.093	15.050.879.932	14.585.136.890	22.734.961.341	22.269.218.299
25	470.062.377	7.666.012.080	7.195.949.703	15.056.166.878	14.586.104.501	22.740.248.287	22.270.185.910
26	477.696.446	7.675.042.562	7.197.346.116	15.065.197.360	14.587.500.914	22.749.278.769	22.271.582.323
27	483.632.823	5.096.934.015	4.613.301.192	9.956.948.796	9.473.315.973	15.010.259.619	14.526.626.796
28	474.384.935	2.104.911.452	1.630.526.517	4.048.100.622	3.573.715.687	6.068.575.725	5.594.190.791
29	481.376.732	-3.064.667.600	-3.546.044.332	-6.187.160.897	-6.668.537.630	-9.433.844.269	-9.915.221.001
30	481.249.889	-651.263.738	-1.132.513.627	-1.411.924.520	-1.893.174.409	-2.202.838.857	-2.684.088.746

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Margen Neto SAO	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	634.602.955	634.602.955	0	634.602.955	0	634.602.955	0
1	642.322.520	-1.485.664.303	-2.127.986.823	-2.847.476.818	-3.489.799.338	-4.263.452.331	-4.905.774.851
2	642.322.520	-2.013.721.172	-2.656.043.691	-3.901.455.574	-4.543.778.093	-5.864.270.321	-6.506.592.840
3	642.322.520	-3.213.073.425	-3.855.395.945	-6.274.539.488	-6.916.862.008	-9.457.768.406	-10.100.090.926
4	642.322.520	-987.015.305	-1.629.337.825	-1.869.598.583	-2.511.921.103	-2.787.284.605	-3.429.607.125
5	642.322.520	-316.853.149	-959.175.668	-420.520.544	-1.062.843.064	-528.311.075	-1.170.633.595
6	549.732.308	1.662.762.581	1.113.030.273	3.846.942.281	3.297.209.974	6.117.992.766	5.568.260.458
7	584.510.457	4.391.821.045	3.807.310.588	8.486.057.347	7.901.546.890	12.743.132.593	12.158.622.135
8	583.200.535	6.244.334.987	5.661.134.452	12.118.718.996	11.535.518 461	18.226.743.278	17.643.542.743
9	592.984.119	7.516.333.740	6.923.349.621	14.635.536.567	14.042.552 447	22.037.889.506	21.444 905 386
10	604.989.550	8.763.710.423	8.158.720.873	17.093.274.482	16.488.284 932	25.754.128.020	25.149.138.470
11	620.168.763	9.493.621.950	8.873.453.186	18.522.339.233	17.902.170.470	27.910.153.227	27.289.984.463
12	625.642.191	9.510.405.533	8.884.763.342	18.538.384.490	17.912.742.299	27.925.430.792	27.299.788.601
13	634.602.955	9.516.801.676	8.882.198.721	18.544.780.633	17.910.177.678	27.931.826.935	27.297.223.980
14	642.322.520	6.650.037.582	6.007.715.063	12.862.570.568	12.220.248.049	19.322.192.934	18.679.870.415
15	642.322.520	3.204.041.864	2.561.719.345	6.035.461.233	5.393.138.713	8.979.493.872	8.337.171.353
16	642.322.520	-2.697.574.846	-3.339.897.366	-5.641.358.923	-6.283.681.443	-8.702.225.321	-9.344 547 841
17	633.681.555	-229.982.789	-863.664.343	-759.030.895	-1.392.712.450	-1.309.120.688	-1.942 802 243
18	639.635.623	649.168.049	9.532.426	991.100.217	351.464.594	1.346.631.960	706.996.337
19	555.607.733	2.539.340.160	1.983.732.427	4.725.135.053	4.169.527 320	6.997.864.970	6.442.257.237
20	584.877.067	4.395.732.185	3.810.855.117	8.488.051.048	7.903.173.980	12.743.132.593	12.158 255.525
21	584.343.259	6.244.579.032	5.660.235.773	12.118.843.398	11.534.500 139	18.226.743.278	17.642.400.019
22	595.304 406	7.518.174.698	6.922.870.292	14.636.474.994	14.041.170.587	22.037 889.506	21.442 585.099
23	606.612.366	8.766.761.004	8.160.148.638	17.094.829.513	16.488.217 148	25.754.128.020	25.147.515.654
24	620.168.763	9.495.127.968	8.874.959.204	18.523.106.925	17.902.938.161	27.910.153.227	27.289.984.463
25	625.642.191	9.510.405.533	8.884.763.342	18.538.384.490	17.912.742.299	27.925.430.792	27.299 788 601
26	634.602.955	9.516.801.676	8.882.198.721	18.544.780.633	17.910.177.678	27.931 826.935	27 297.223.980
27	642.322.520	6.650.037.582	6.007.715.063	12.862.570.568	12.220.248.049	19.322.192.934	18.679 870 415
28	633.681 555	3.204.041.864	2.570.360.310	6.035.461.233	5.401.779.678	8.979.493.872	8.345.812.317
29	639 635.623	-2.704.832.962	-3.344.468.585	-5.645.058.743	-6.284.694.365	-8.702.225.321	-9.341 860.944
30	639.556.980	-233.277.414	-872.834.394	-760.710.328	-1.400.267.308	-1.309.120.688	-1.948.677.668

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energia a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afin.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este

motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
1,0	1.381.918.720	1.321.684.659	3.892.329.916	3.689.530.245
2,2	2.807.043.840	2.687.486.310	7.026.652.649	6.660.611.362
3,5	4.137.167.360	3.962.240.742	15.032.651.708	14.249.779.691

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 CostoMCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
1,0	25,0	81.575.438
2,2	35,0	114.205.613
3,5	42,0	137.046.735

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que en el primer caso el proyecto es rentabletanto a precios privados como sociales. Por otra parte, para el caso con generación hidroeléctrica, la rentabilidad del proyecto es levemente inferior, dado la baja generación del embalse. La evaluación se presenta en el Anexo F.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
1,0	1.478,0	0,28	13,0%	29.993,3	5,99	16,8%
2,2	8.326,6	0,85	15,0%	66.865,1	7,15	18,9%
3,5	10.345,6	0,54	14,3%	100.105,2	5,50	18,0%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
1,0	1.404,3	0,26	12,9%	29.926,8	5,88	16,8%
2,2	8.213,9	0,83	14,9%	66.755,7	7,05	18,8%
3,5	10.208,8	0,53	14,3%	99.971,2	5,45	17,9%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 3,5hm^3, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 5.400 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH, aunque a nivel de perfil no es tan interesante como el proyecto de riego, se requiere un análisis de mayor profundidad para en definitiva descartarlo.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN RÍO NARANJO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA	2
3.1.	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	ANTECEDENTES ECONÓMICOS	8
4.1	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1.	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar posteriormente en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	100,0	61,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	31,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,3	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	59,2	59,2
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2,1	2,1
Cereales y barbecho	1,1	1,1
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	36,5	36,5
Forrajeras anuales	0,8	0,8
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
43,0	30,0	30,0	35,0	51,0	65,0	82,0	95,0	107,0	96,0	91,0	67,0	792,0

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	0,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	20,7
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
134,0	135,0	134,0	135,0	120,0	97,0	103,0	109,0	85,0	85,0	95,0	121,0	1.353,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	0,0	0,0	0,0	27,4
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	6,2	0,0	0,0	22,9
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	9,1	0,0	0,0	43,9

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	223,0	83,0	0,0	0,0	306,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	773,0	202,0	0,0	0,0	975,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN RÍO NARANJO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea para embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{\text{mínimo embalse}} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 0,5 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

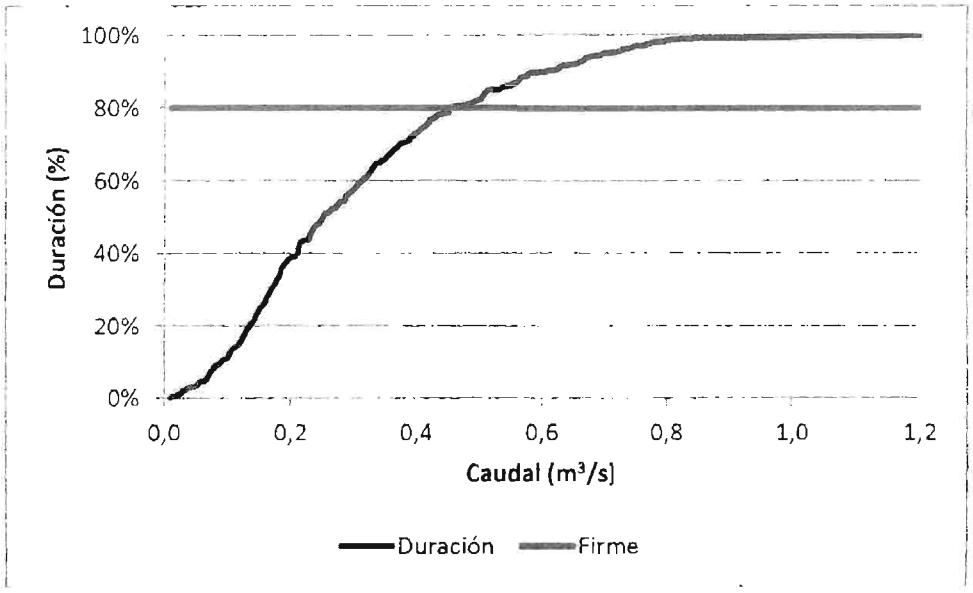
$$P = \eta_T \, g \, Q \, H$$

Con;

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN RÍO NARANJO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w	=	ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies
Z	=	altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

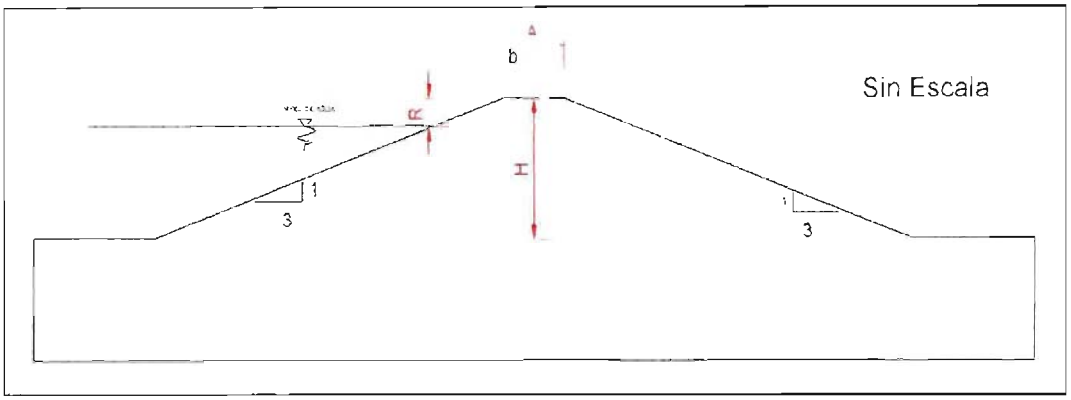
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
1,0	7,0	8,5	101,5	5,0	3,0	2,5
3,5	12,1	14,3	107,3	6,0	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
1,0	SC-ML	31	2,5	2,0	2,0
3,5	SC-ML	31	2,5	2,0	2,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es

un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

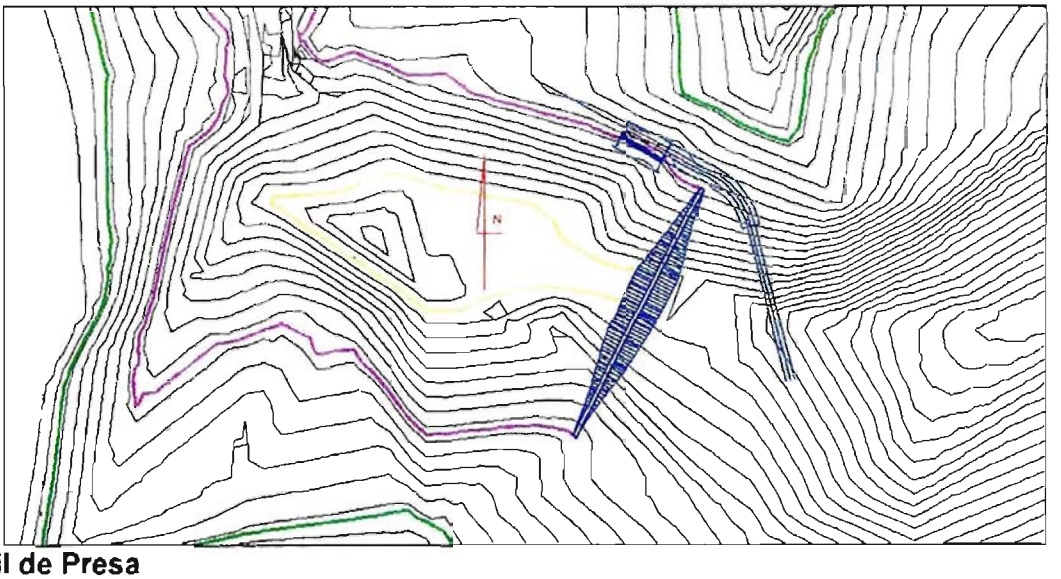
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
1,0	1,371
3,5	1,261

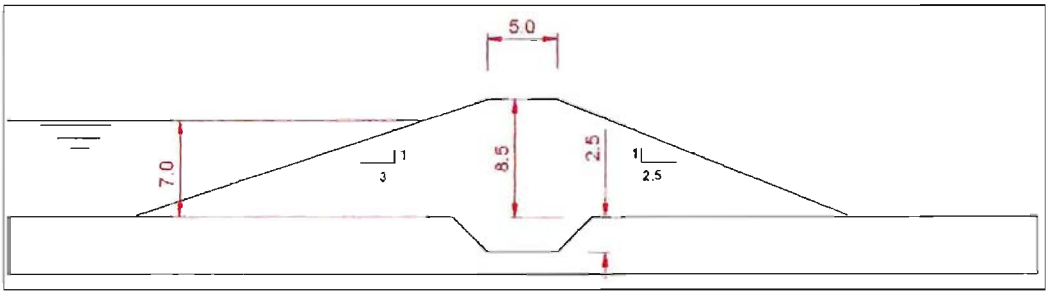
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 1,0 hm^3

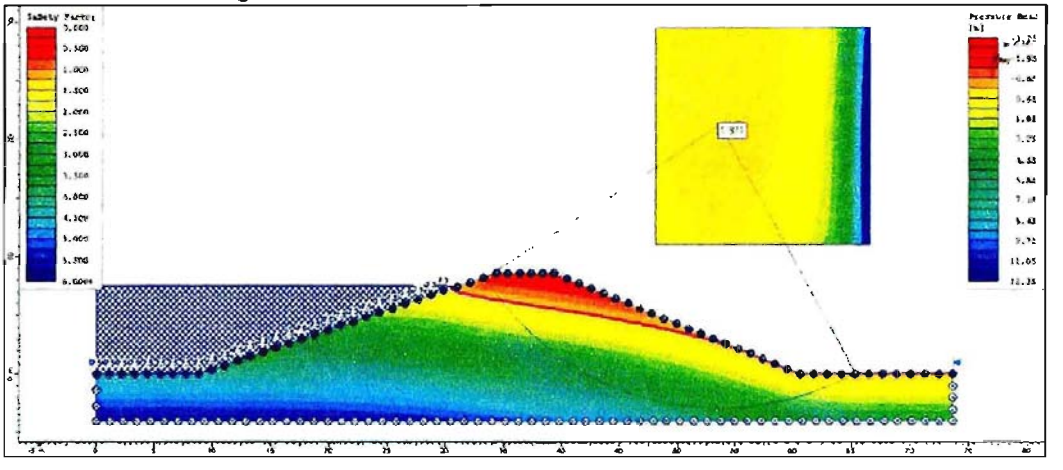
Vista en Planta



Perfil de Presa



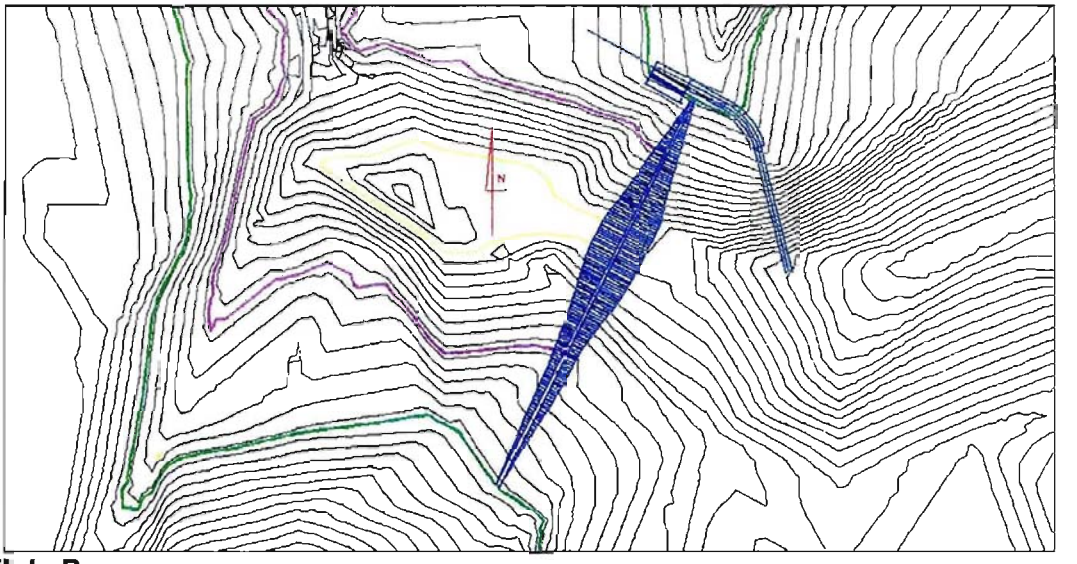
Análisis Factor de Seguridad



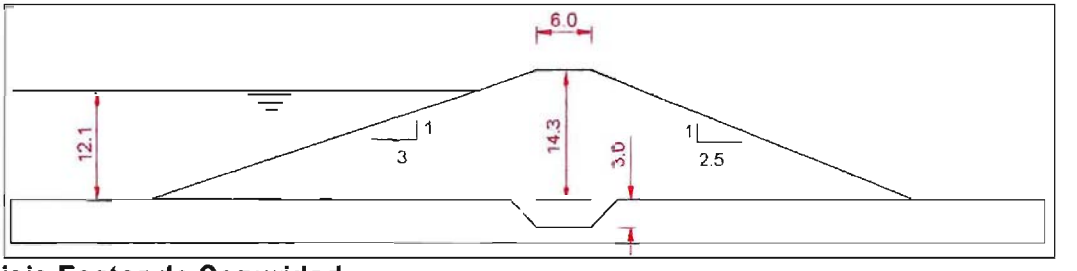
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 3,5 hm^3

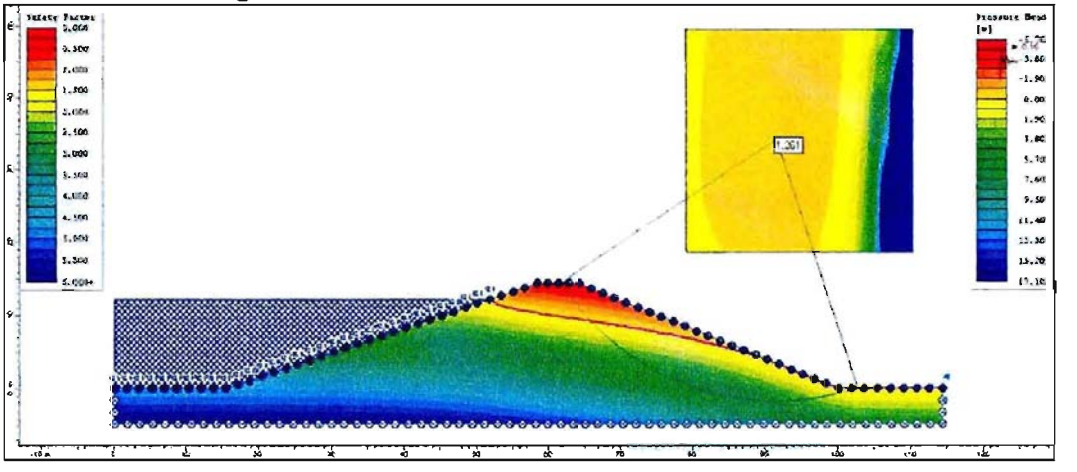
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

PERFIL #10:

EMBALSE EN ESTERO SURGIDERO



COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

ESTUDIO DE PERFIL

"CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO SURGIDERO (LL-048-03)"

DICIEMBRE – 2012

Acápite	Descripción	#
1.	**INTRODUCCIÓN**	**1**
2.	**DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**	**1**
2.1.	INTRODUCCIÓN	1
2.2.	ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS	1
2.3.	ANÁLISIS DEL PROBLEMA	1
2.4.	ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS	2
2.5.	ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA	3
3.	**DIAGNÓSTICO**	**3**
3.1.	DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO	3
3.2.	ÁREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA	6
3.3.	GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO	6
3.4.	RECURSOS HÍDRICOS	7
3.5.	ANTECEDENTES GEOLÓGICOS	9
3.5.1.	Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa	9
3.5.2.	Caracterización Geológica del Sitio	10
3.5.3.	Aspectos Geotécnicos	15
3.6.	ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS	15
3.6.1.	Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto	15
3.6.2.	Situación Futura o Con Proyecto	16
3.6.3.	Demandas de Agua	18
3.7.	BALANCE HÍDRICO	18
4.	**DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO**	**20**
4.1.	OBRAS CIVILES	20
4.1.1.	Embalse de Regulación	20
4.1.2.	Sistema de Distribución	24
4.2.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	26
5.	**PRESUPUESTO DE LAS OBRAS**	**27**
5.1.	EMBALSE DE REGULACIÓN	27
5.2.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	28
5.3.	MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA	29
5.4.	EXPROPIACIONES	30
5.5.	RESUMEN DE COSTOS	30
6.	**EVALUACIÓN ECONÓMICA**	**32**
6.1.	GENERALIDADES	32
6.2.	SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN	33
6.3.	BENEFICIOS	33
6.3.1.	Beneficios Agroeconómicos	33
6.3.2.	Beneficios Hidroeléctricos	41
6.4.	COSTOS	41
6.4.1.	Costos Agroeconómicos	41
6.4.2.	Costos Obras Civiles	43
6.4.3.	Costo MCH	43
6.4.4.	Costos Ambientales	43
6.5.	RESULTADOS	43

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44

Anexo	Descripción
A	Área Potencial de Riego
B	Recursos Hídricos
C	Caracterización Agronómica
D	Balance Hídrico
E	Análisis Estabilidad Muros
F	Evaluación Económica

1. INTRODUCCIÓN

El presente Estudio de Perfil corresponde al estudio denominado "**Construcción Embalse en Río Surgidero**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Surgidero comuna de Los Muermos, mediante la regulación a través de un embalse multipropósito de almacenamiento superficial y sus obras, y la construcción de una red de canales de distribución.

El concepto de multipropósito para la obra de embalse considera principalmente los requerimientos para el uso agrícola y la implementación de la Hidrogeneración eléctrica asociada al proyecto de riego, además de otros usos como Agua Potable, demanda para uso industrial, Turismo, entre otros.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del regadío del valle del Río Surgidero actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentran regulados. Esta situación ha impedido que la zona desarrolle todo su potencial productivo, por tanto es de necesidad prioritaria construir obras de riego, tanto de regulación como de distribución, con el fin de garantizar riego seguro, y por ende un desarrollo económico.

Por todo lo anterior, el problema queda entonces definido como "Carencia de seguridad de riego y deficiencia en la disponibilidad de agua de riego para los productores silvoagropecuario del sector del Río Surgidero.

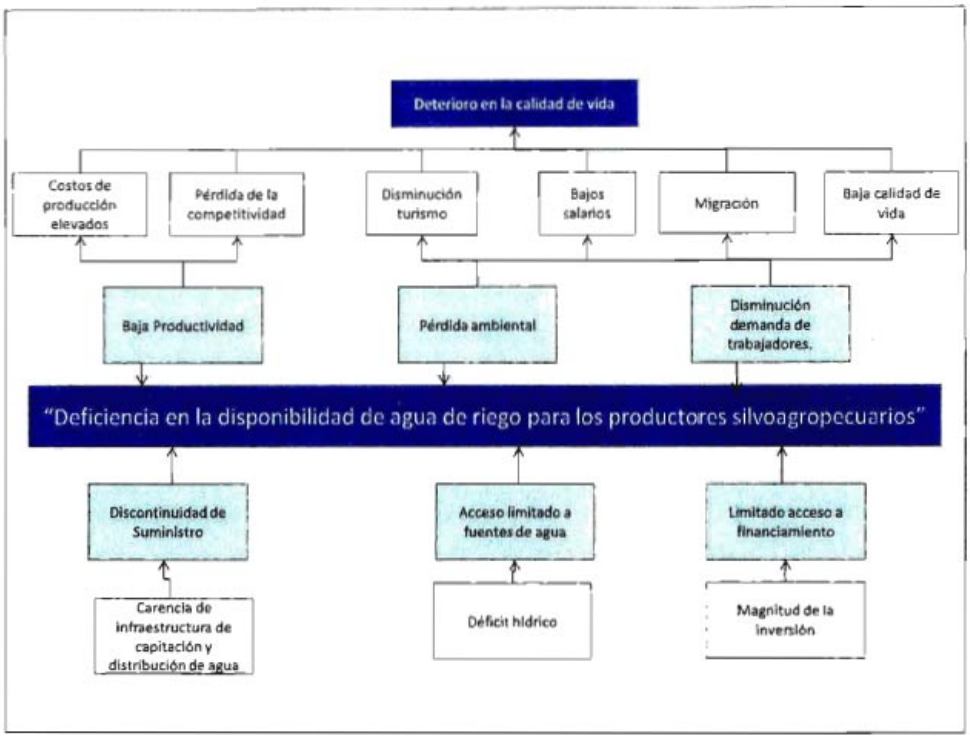
2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Surgidero, existen 20.000 ha aproximadamente, potenciales de riego. Esta cifra incluye las hectáreas que se riegan y las susceptibles de ser incorporadas. Se hace notar que no existe información que permita caracterizar con mayor detalle la superficie potencial de riego. En todo caso, si se considera válida la distribución de cultivos determinada en el Censo Agropecuario de 2007, se tendrían 8.200 ha de frutales, 11.400 de praderas y 400 ha de cultivos anuales.

2.3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

Para lograr identificar el problema central del proyecto y sus respectivas causas y efectos, se desarrolla el análisis de "Árbol de Problemas" que se muestra en la Figura 2.3-1.

FIGURA 2.3-1
ÁRBOL DE CAUSA Y EFECTO

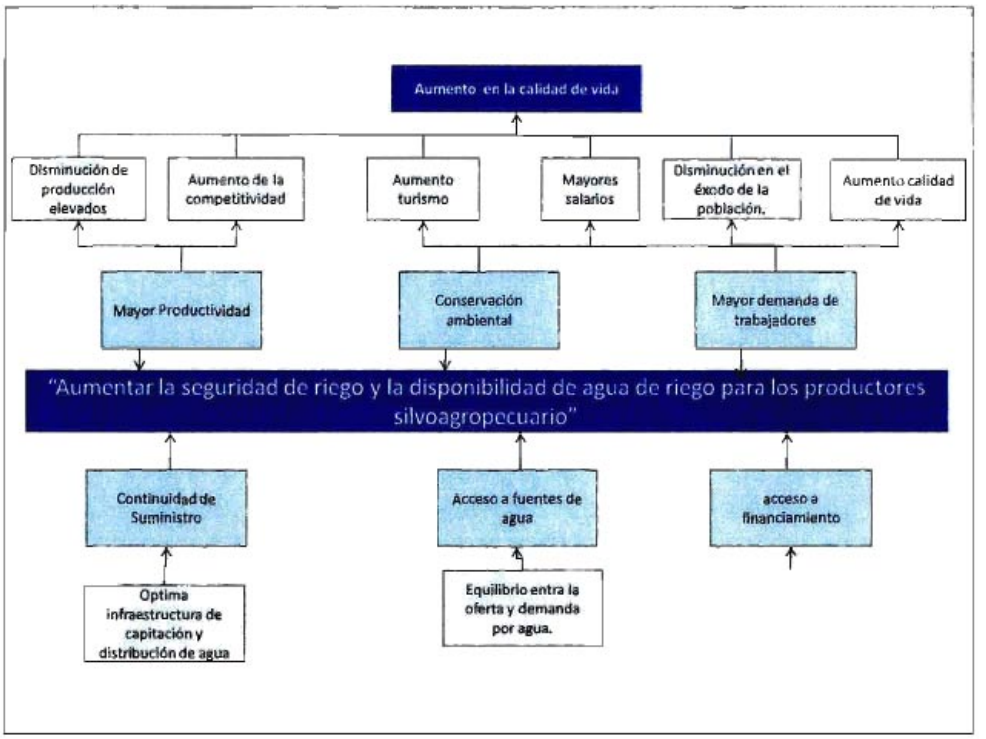


Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.4. ANÁLISIS DE LOS OBJETIVOS

Metodológicamente se invierten los términos, transformando el "Problema" en "Objetivo", los "Efectos" en "Medios" y las "Causas" en "Fines", obteniendo el "Árbol de Objetivos" que se muestra en la Figura 2.4-1.

FIGURA 2.4-1
ÁRBOL DE OBJETIVOS



Fuente: Perfil Embalse Esperanza (CNR)

2.5. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PROPUESTA

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar la siguiente alternativa:

- Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 75% del caudal medio disponible. El análisis se complementa considerando 3 volúmenes de embalse.

3. DIAGNÓSTICO

3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica de Islas Río Bueno-Río Puelo o "Maullín", en la provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile central (5.416.489N, 615.286E) la que ocupa una superficie de 14.843 km^2 en la provincia (DGA, 2004b). Su principal afluente es el río Maullín, que, nace en el extremo este del lago Llanquihue y desde ahí recorre en dirección sureste hasta desembocar en la costa. Cruza la Depresión Intermedia en una longitud de 85 km. En su recorrido recoge agua de diversos afluentes, por la ribera confluye con el río Calabozo, los ríos Negro y el estero La Tranca, El río Gato, entre otros (DGA, 2004b).

Según la clasificación del Altas Agroclimatológico de Chile (INEA, 1998), la provincia de Puerto Llanquihue presenta un Clima Marino Fresco principalmente, similar a la provincia de Osorno (INIA, 1998).

Se destaca el Agroclima Maullín en la zona costera continental y hasta el norte del borde costero oriental de la Isla Grande de Chiloé. El régimen térmico de este clima presenta una temperatura media anual de 10,9°C, máximas medias del mes más cálido de 20,1°C y una mínima del mes más frío de 4,0°C. Posee un periodo libre de heladas de ocho meses. En cuanto al régimen hídrico, se caracteriza por una precipitación anual de 1890 mm, presentando 277.0 mm en el mes de junio. La estación seca se ausenta (INIA, 1998).

La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra correspondiendo a las localidades de Río Blanco, Los Cañones y La Rinconada. Son terrenos de lomajes con sectores más planos y otros más pronunciados. Actualmente la mayoría de ellos con plantaciones forestales (Figura 3.1-1).

La zona de riego se encuentra a 5,1 km de la obra. La zona de Tambor Bajo corresponde a terrenos planos con interesante área de riego y con menores problemas de drenaje en comparación a otros sectores. (Figura 3.2.8-4 y Figura 3.2.8-5).

FIGURA 3.1-1
UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

VISTA GENERAL



VISTA LOCAL



Fuente: Elaboración propia a partir Google Earth

3.2. AREA DE RIEGO POTENCIAL BENEFICIADA

La delimitación de las áreas potencialmente regables asociadas a la ubicación de la obras de embalse propuesta, se realizó mediante un cruce de criterios espaciales en SIG, dichos criterios consideran las características físicas mínimas que el territorio debiese cumplir para ser considerado apto para este fin y corresponden a los siguientes:

1. Área bajo la cota de fondodel embalse
2. Se descartan de aquellas zonas no aptas para el riego pueblos, ciudades, cuerpos de agua, bosques u otros.
3. Pendiente menor al 6%.

Según los criterios ya mencionados, la superficie máxima de riego para la obra en cuestión corresponde a 20.000 ha. En el Anexo A se encuentra un archivo de extensión KML que contiene el área de riego potencial georeferenciada utilizando una imagen de Google Earth de fondo.

3.3. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

La población del área de estudio se encuentra en la Comuna de Los Muermos y está compuesta por un total de 16.964 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
DISTRIBUCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO

ÁREA DE ESTUDIO	POBLACIÓN	HOMBRES	MUJERES
Región de Los Lagos	543.002	50%	50%
Provincia de Llanquihue	321.493	51%	49%
Comuna Los Muermos	16.964	53%	47%

Fuente: Elaboración propia en base Censo de Población 2002, INE.

En cuanto a la composición de la población, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un33,6% de la población vive en la ciudad y el 66,4% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en el Cuadro 3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Los Muermos es de un 15,93 %, tal como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

CUADRO 3.3-2
DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA LABORAL EN EL ÁREA DE ESTUDIO

	ACTIVIDAD		TOTAL
	Otras actividades de la economía	Silvoagropecuaria	
habitantes	244.417	73.505	317.922
%	76,9	23,1	100,00

Fuente: Elaboración propia en base a la encuesta CASEN 2009[1], información a nivel regional.

CUADRO 3.3-3
DISTRIBUCIÓN DE LA POBREZA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Pobreza en las Personas	2003	2006	2009	% según Territorio (2009)		
				Comuna de Los Muermos	Región	País
Pobre Indigente	813	488	95	0,58	2,43	3,74
Pobre no Indigente	2.142	949	2.531	15,35	11,76	11,38
No Pobre	13.279	14.728	13.859	84,07	85,80	84,88
Total	16.234	16.165	16.485	100	100	100

Fuente: Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

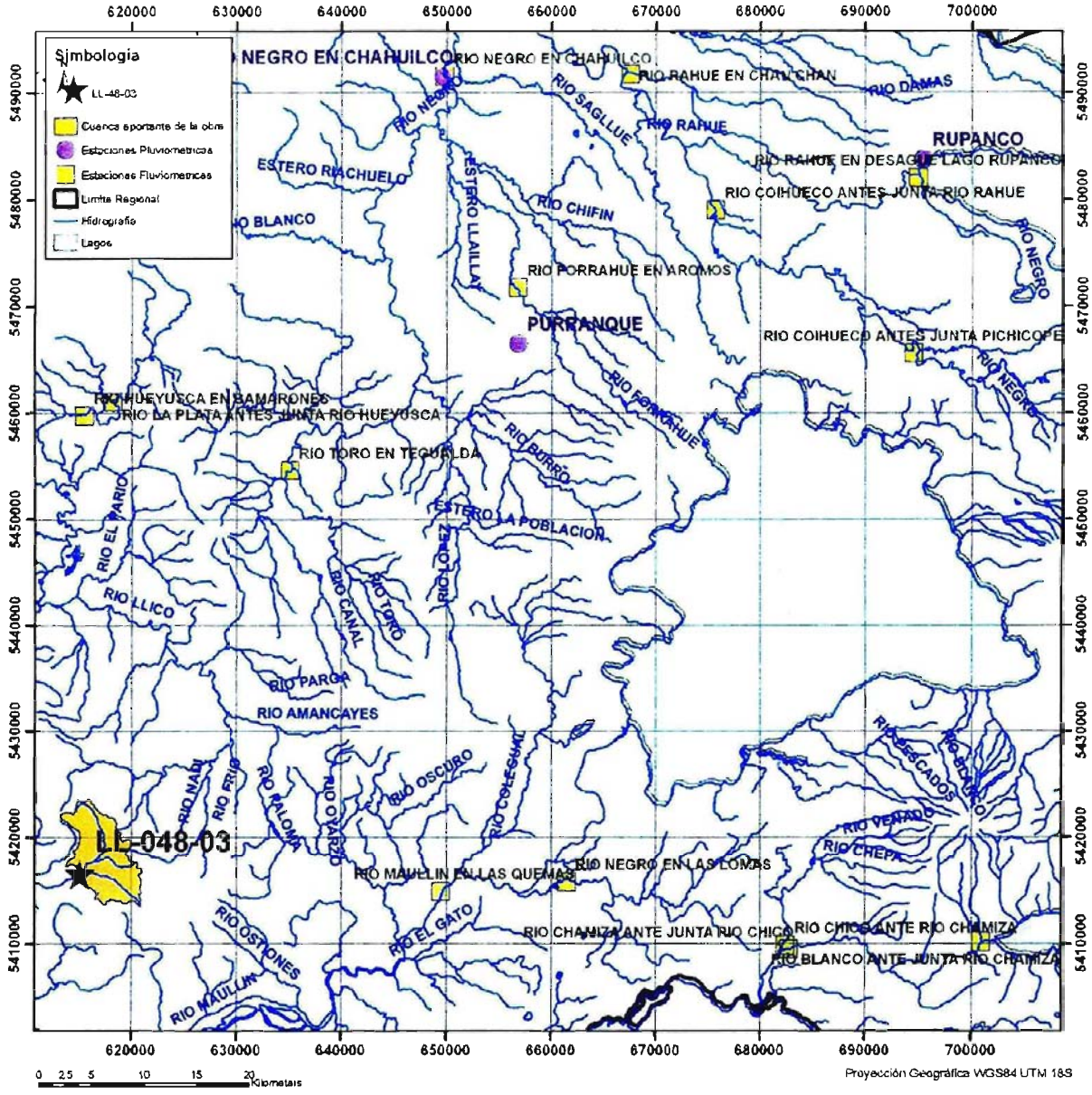
3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 1.945 mm y un caudal medio de 1,9 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Rupanco. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía, dado que la cuenca no cuenta con control fluviométrico.

En la Figura 3.4-1 se muestra la ubicación de la cuenca bajo análisis y las estaciones de control cercanas. La determinación de los recursos hídricos disponibles se presenta en forma electrónica en el Anexo B. Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

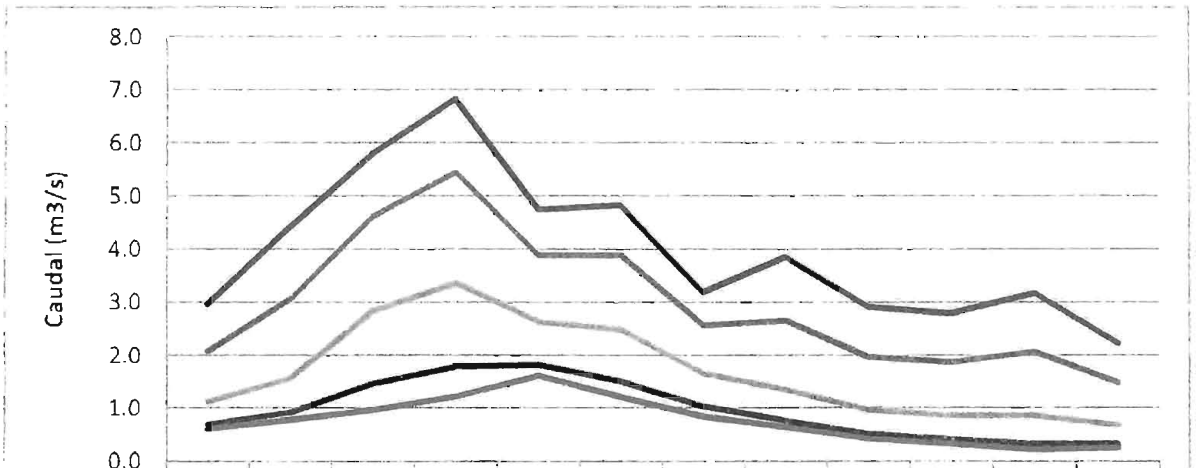
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

FIGURA 3.4-1
UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3.4-2
CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO SURGIDERO



	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB
5%	2.97	4.42	5.80	6.82	4.75	4.83	3.19	3.86	2.91	2.79	3.17	2.23
15%	2.09	3.06	4.63	5.45	3.88	3.89	2.58	2.66	1.99	1.88	2.07	1.49
50%	1.13	1.57	2.84	3.36	2.63	2.50	1.67	1.35	0.97	0.87	0.86	0.69
85%	0.71	0.92	1.47	1.79	1.83	1.51	1.04	0.78	0.53	0.43	0.33	0.34
95%	0.62	0.78	0.97	1.22	1.61	1.21	0.85	0.66	0.43	0.33	0.22	0.26

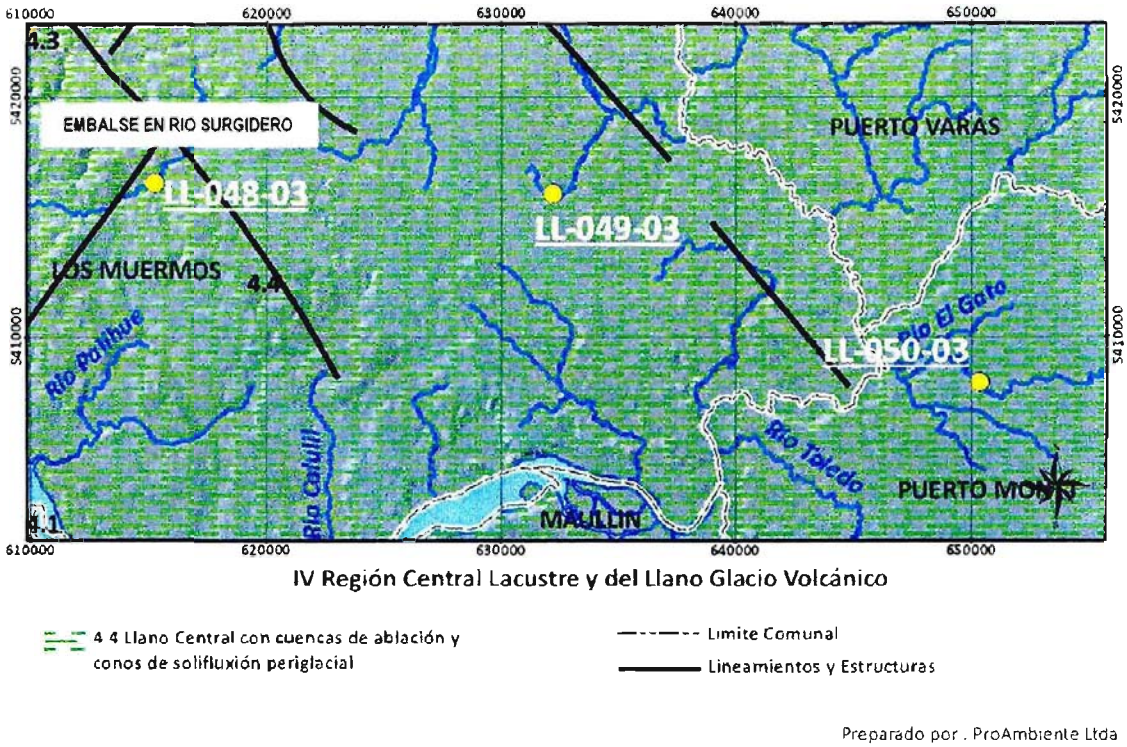
Fuente: Elaboración propia

3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad 4.4 del Llano Central con morrenas de ablación y conos de solifluxión periglacial. Predominio de extensas planicies y terrazas glaciofluviales desarrolladas entre cordones morrénicos de relieve suavizados. El sitio se emplaza en valle glacial. Lineamientos siguen patrón estructural regional N40-50Wy N50E

FIGURA3.5.1-1
ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL



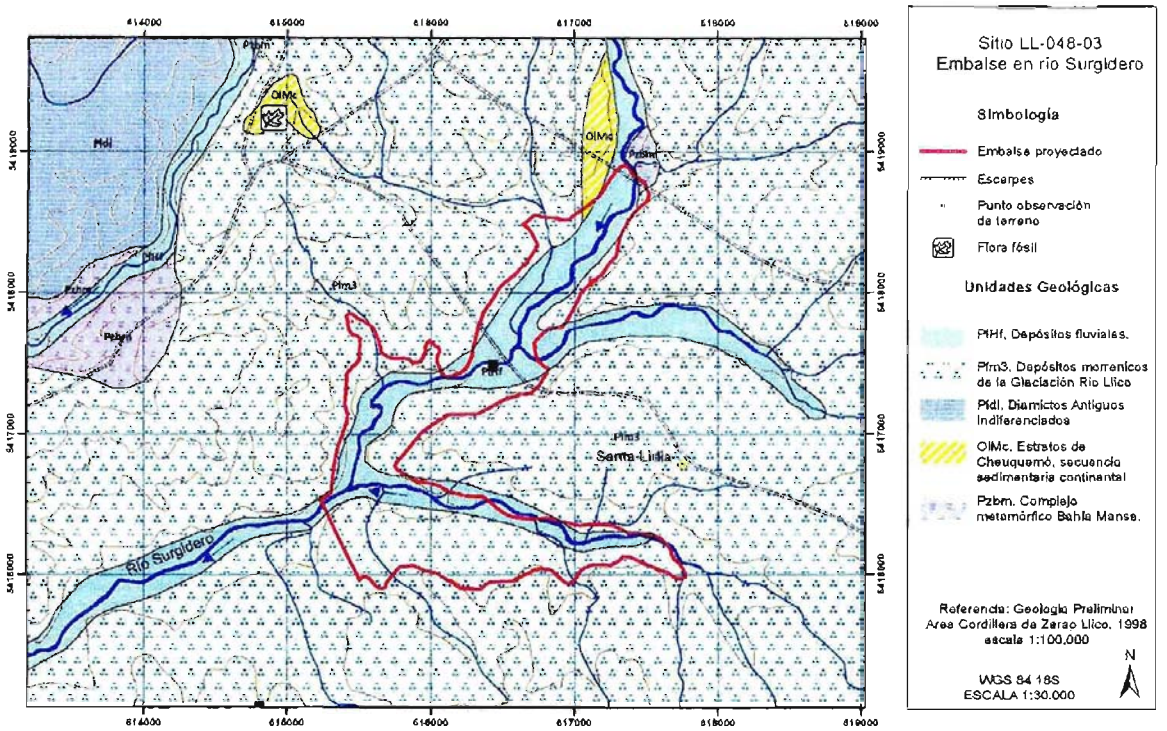
Fuente: Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en los depósitos fluviales (**PlHf**) del Pleistoceno Superior- Holoceno y rocas de la secuencia sedimentaria continental de Los Estratos de Cheuquemó (**OlMc**). Los primeros corresponden a gravas bien seleccionadas y redondeadas con matriz de arenas gruesas y medias no consolidadas. Ocupan el valle actual del río. Los segundos conforman un relieve de suave lomaje, observables en cortes del camino con afloramientos de areniscas y lutitas. Se aprecian intemperizadas, plegadas y con intenso fracturamiento con relleno de limonitas.

Se emplaza – según la carta geológica - en los depósitos fluviales (**PlHf**) del Pleistoceno superior- Holoceno y Morrenicos de la Glaciación Llico (**Plm3**) del Pleistoceno Medio. Los primeros corresponden a gravas bien seleccionadas y redondeadas con matriz de arenas gruesas y medias no consolidadas. Ocupan el valle actual del río. Los segundos conforman las planicies y serranías bajas cubiertas de bosques y pastizales. Corresponden a depósitos mal seleccionados, no estratificados, matriz soportados. Clastos blandos, con intensa intemperización. Matriz arenosa, limosa o arcillosa oxidadas. Abundantes óxidos de fierro y manganeso. Abundan los clastos de consistencia blanda deleznables y subordinadamente moderadamente meteorizados. Ambos apoyos se ubicarían en estos depósitos.

FIGURA3.5.2-1
GEOLOGÍA DEL SITIO



Fuente: Carta Geológica SERNAGEOMIN

FIGURA 3.5.2-2
ÁLBUM FOTOGRÁFICO

Espeso bosque nativo que cubre las laderas de la unidad Plm3	
Vista Río Surgidero	

Fuente:Fuente: Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Material excavable mecánicamente; depósitos (Plm3) de baja permeabilidad por su alto contenido de arcillas.

3.6. ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS

3.6.1 Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto

Con la finalidad de establecer una base de análisis en orden a reconocer los costos e ingresos de los productores(as), para la evaluación de los escenarios de desarrollo de "sin" y "con" Proyecto, se han considerado algunos aspectos que caracterizan a la Situación Actual Optimizada o Situación Sin Proyecto (SSP), que en este caso se ha supuesto idéntica a la Situación Actual, tanto en la estructura productiva como en los márgenes económicos agrícolas, debido a que se estima que si no se realizan las inversiones en riego requeridas la agricultura continuará siendo preferentemente de secano. La información base para la caracterización del uso del suelo y las demandas de agua, sin y con proyecto, se basa en lo expuesto en el Anexo C, que presenta los parámetros básicos a nivel de grupo de proyectos. En este caso, el proyecto pertenece al grupo 3LL, por lo cual las superficies envolventes, de riego y secano se expandirán según la distribución porcentual respectiva.

La estructura productiva se presenta en el Cuadro 3.6.1-1, considerando una superficie máxima regable de 20.000,0 ha, dentro de una envolvente de 389,8 ha.

CUADRO 3.6.1-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

Ítem	Superficie	
	(ha)	(%)
RIEGO	2.0	30.9
Frutales y viveros	4.4	67
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0.1	2.1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	**6.5**	**100.0**
SUBTOTAL RIEGO		
SECANO	**18.0**	**0.3**
Frutales y viveros	3.841.8	64.1
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	47.9	0.8
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	47.9	0.8
Cereales y barbecho	1.953.9	32.6
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	83.9	1.4
Forrajeras anuales	**5.993.5**	**100.0**
SUBTOTAL SECANO	**6.5**	**0.1**
Subtotal Riego	5.993.5	93.8
Subtotal Secano	389.8	6.1
Infraestructura y Terrenos Estériles	**6.389.8**	**100.0**
TOTAL	**2.0**	**30.9**

Fuente: Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futura Con Proyecto

La Situación Futura o Con Proyecto, corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales que enfrenta el área en estudio, a través de la operación del nuevo embalse y aumentando la eficiencia de uso del agua a través de la implementación de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica e inversiones intraprediales. De esta forma se da una mayor satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

En este caso se ha considerado un cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos de 85%, lo que permitiría incorporar nuevos terrenos al riego.

En el Cuadro 3.6.2-1 se presenta el uso del suelo considerado para la Situación Con Proyecto para cuatro alternativas de proyecto, las que difieren en su tamaño y en la restricción del uso de derechos de aprovechamiento de aguas ya asignados. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 20.000 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Acápite 3.7 y Anexo D se determinaron los siguientes resultados:

- Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 1, 2 y 3 hm³, los que permiten el riego de 2.490, 4.430 y 6.000 ha, respectivamente.

CUADRO 3.6.2-1
USO DEL SUELO SITUACIÓN CON PROYECTO
ALTERNATIVAS CON Y SIN RESTRICCIÓN
DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

Ítem	Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
RIEGO						
Frutales y viveros	1.245.0	50.0	2.215.0	50.0	3.000.0	50.0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	996.0	40.0	1.772.0	40.0	2.400.0	40.0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	249.0	10.0	443.0	10.0	600.0	10.0
SUBTOTAL RIEGO	**2.490.0**	**100.0**	**4.430.0**	**100.0**	**6.000.0**	**100.0**
SECANO						
Frutales y viveros	10.5	0.3	4.7	0.3	0.0	0.3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	2.249.9	64.1	1.006.4	64.1	0.0	64.1
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	28.1	0.8	12.6	0.8	0.0	0.8
Cereales y barbecho	28.1	0.8	12.6	0.8	0.0	0.8
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	1.144.3	32.6	511.8	32.6	0.0	32.6
Forrajeras anuales	49.1	1.4	22.0	1.4	0.0	1.4
SUBTOTAL SECANO	**3.510.0**	**100.0**	**1.570.0**	**100.0**	**0.0**	**100.0**
Subtotal Riego	2.490.0	39.0	4.430.0	69.3	6.000.0	93.9
Subtotal Secano	3.510.0	54.9	1.570.0	24.6	0.0	0.0
Infraestructura y Terrenos Estériles	389.8	6.1	389.8	6.1	389.8	6.1
TOTAL	**6.389.8**	**100.0**	**6.389.8**	**100.0**	6.389.8	**100.0**

Fuente: Ver Anexo C y D

3.6.3 Demandas de Agua

El cálculo de las demandas de agua se presenta en el Anexo C. Las tasas de riego adoptadas se presentan en el Cuadro 3.6.3-1

CUADRO 3.6.3-1
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA(m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente: Ver Anexo C

3.7. BALANCE HÍDRICO

En este acápite se presentan los elementos principales del balance hídrico que se desarrolla en detalle en el Anexo D.

En primer lugar se presenta la ecuación de balance:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad \textbf{(1)}$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m³/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m³/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m³/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m³/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m³)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m³)

El proceso de cálculo es como sigue:

Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.

Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0 \quad (4)$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse}$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

4.1. OBRAS CIVILES

4.1.1. Embalse de Regulación

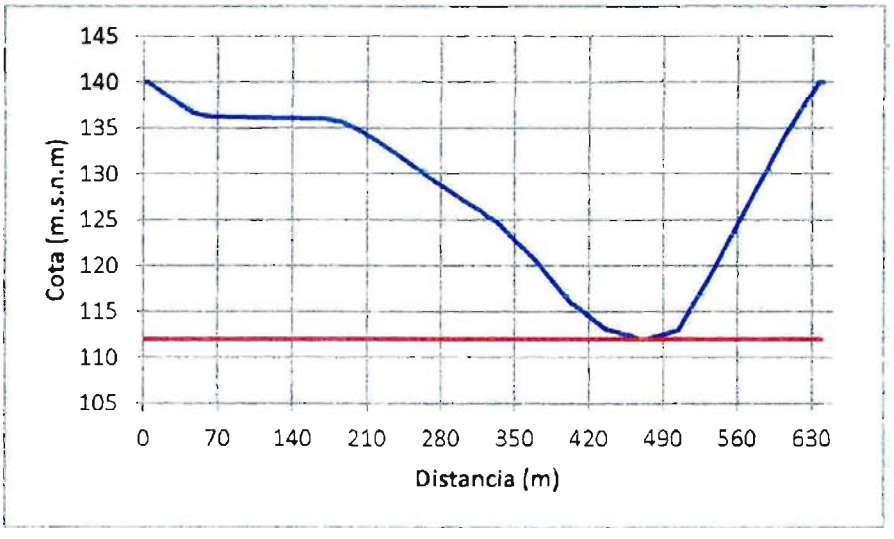
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 1,0; 2,0 y 3,0 hm^3

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. En las figuras siguientes se indican las curvas que se han desarrollado para caracterizar el sitio:

- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.
- Curva de embalse, corresponden a dos curvas que relacionan la superficie inundada o espejo de agua y el volumen en función del nivel del lago que se genera por el embalse, las que se muestran en la Figura 4.1.1-2.

FIGURA 4.1.1-1
PERFIL TRANSVERSAL DEL EJE DEL MURO
VISTA DESDE AGUAS ABAJO HACIA AGUAS ARRIBA



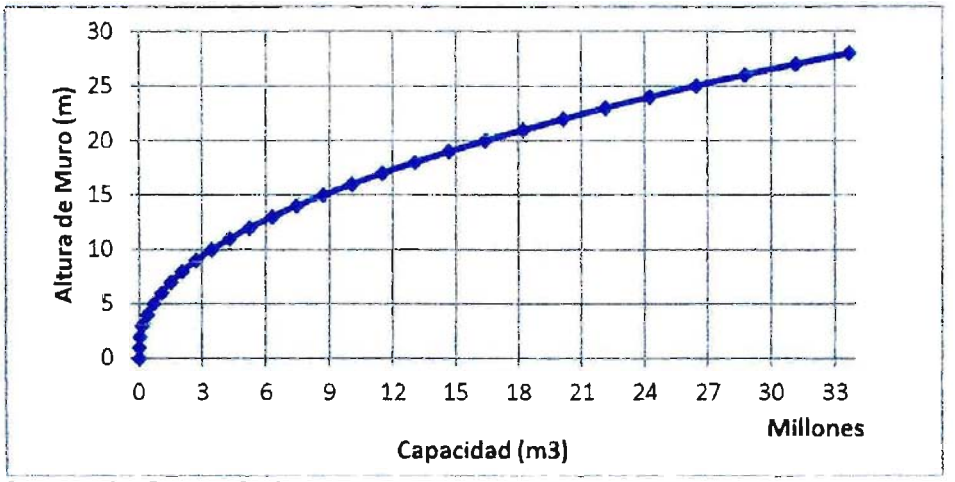
Fuente: Elaboración propia

El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar Topography Mission), generación de curvas de nivel cada 5 m y herramientas de análisis espacial.

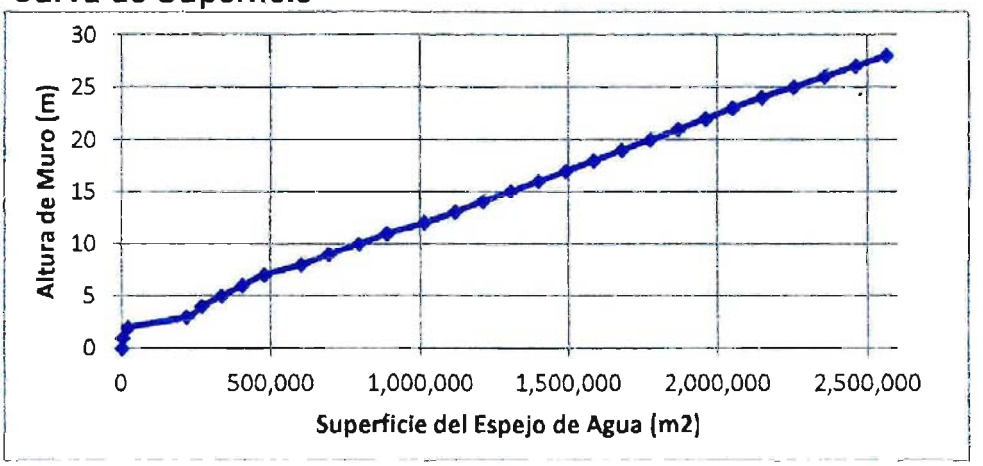
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

FIGURA 4.1.1-2
CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

a) Curva de Volumen

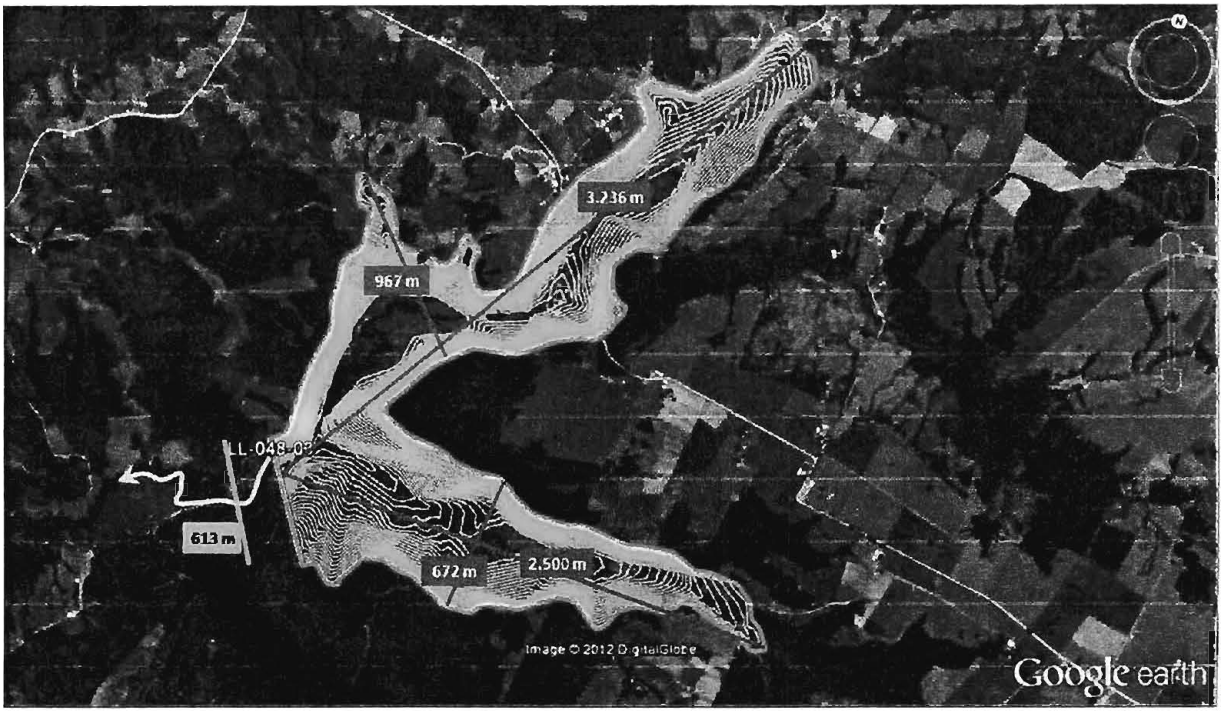


b) Curva de Superficie



Fuente: Elaboración propia

FIGURA 4.1.1-3
ÁREA DE INUNDACIÓN



Fuente: Elaboración propia a partir información Google Earth

A partir de las curvas anteriores se determinó la altura útil correspondiente a cada alternativa. Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a quelos cálculos realizados se aproximaron al medio metro superior.

Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

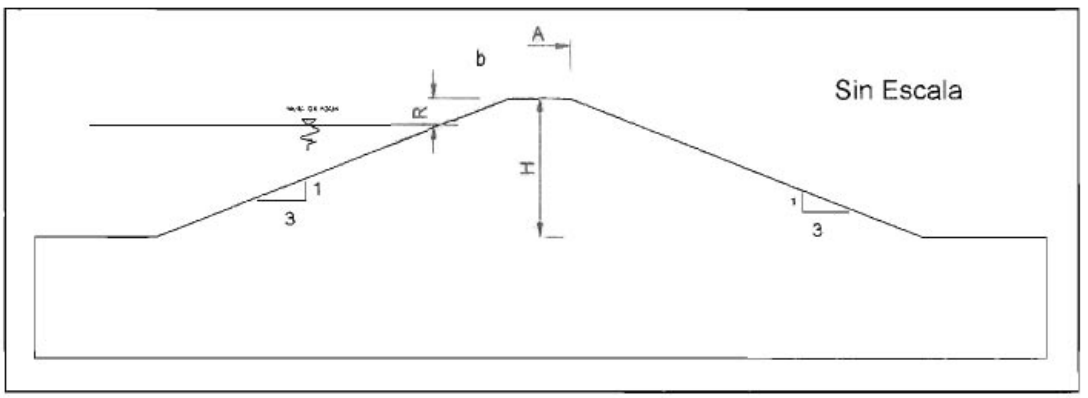
CUADRO 4.1.1-1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
1,0	5,8	7,0	119,0	4,5	3,0	2,5
2,0	7,9	9,5	121,5	5,0	3,0	2,5
3,0	9,5	11,0	123,0	5,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 4.1.1-4. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 4.1.1-4
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

En el Anexo E se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad mostrado en el Cuadro 4.1.1-2, es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1 y talud aguas abajo H:V=2,5:1).

CUADRO 4.1.1-2
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
1,0	1,847
3,0	1,483

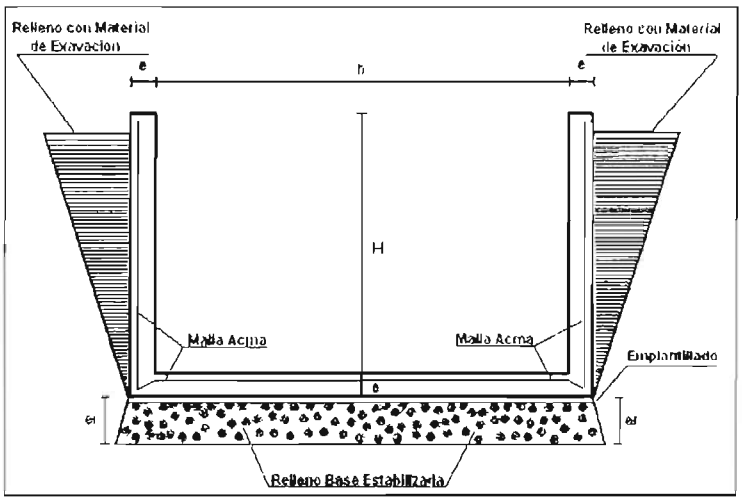
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Sistema de Distribución

Con el propósito de conducir eficientemente las aguas acumuladas en el embalse hasta la zona de riego, evitando al máximo las perdidas por infiltración, se han proyectado preliminarmente, dos canales principales por cada lado del valle.

Para estos canales se consideró sección rectangular y su inicio corresponde en la descarga del muro de embalse. El tipo de revestimiento corresponde a hormigón armado y los parámetros geométricos son los que se indican en la Figura 4.1.2-1.

FIGURA 4.1.2-1
ESQUEMA SECCIÓN CANAL PROPUESTO



Fuente: Perfil Embalse Esperanza CNR)

De acuerdo a los trazados de los canales por el lado norte y sur y las áreas de riego de cada alternativa, se tiene en el Cuadro 4.1.2-1 el resumen de las características de los canales.

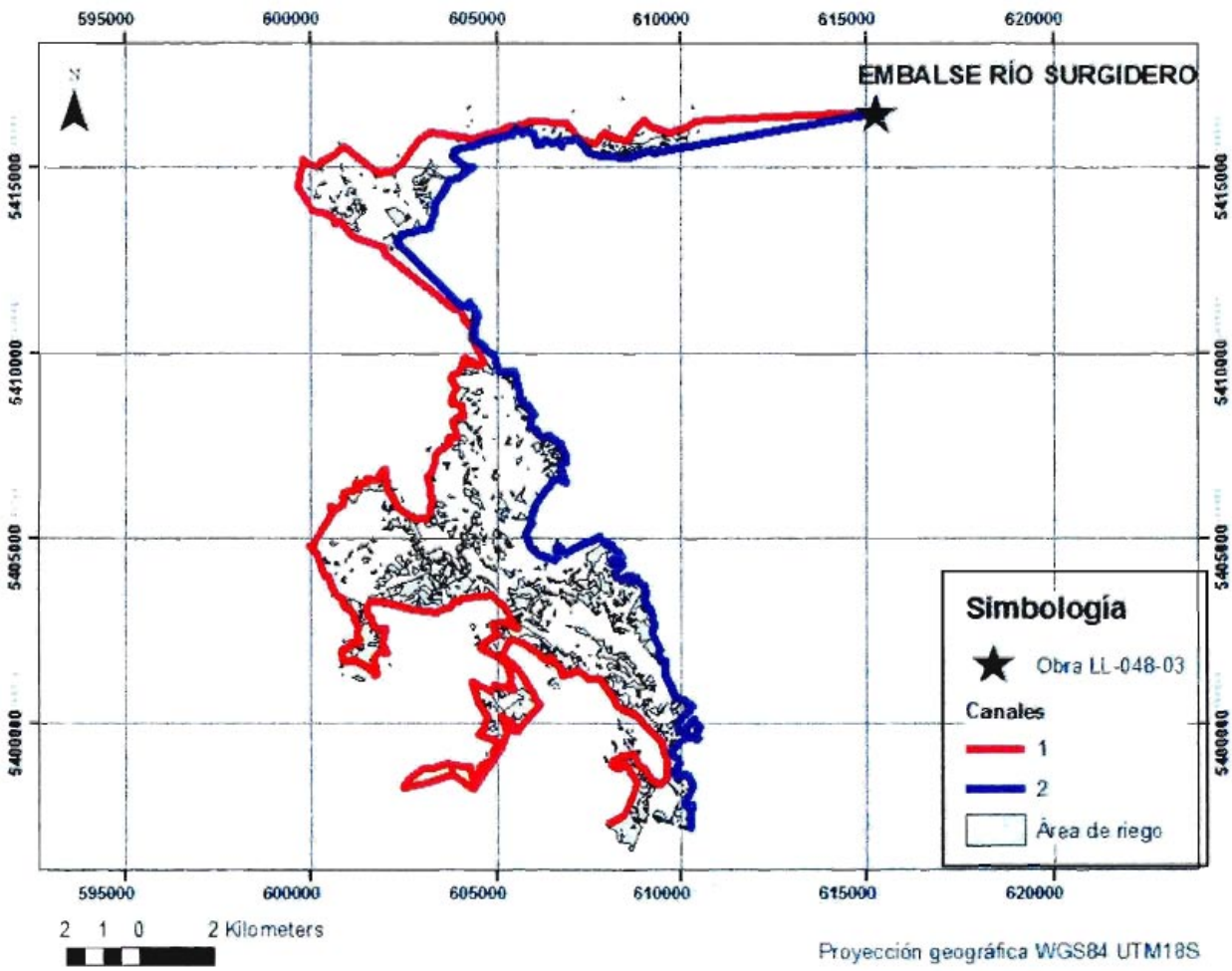
CUADRO 4.1.2-1
PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

Volumen (hm^3)	Superficie de riego (ha)	Long. Canal		Q diseño (L/s)	Canal			
		Norte (km)	Sur (km)		Base (m)	Altura (m)	Espesor (cm)	
							Base	Muro
1,0	2.490	32,7	44,9	0,65	1,0	1,0	15	15
2,0	4.430	37,5	52,9	0,14	1,2	1,2	15	15
3,0	6.000	43,5	80,0	0,22	1,4	1,3	15	15

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4.1.2-2 se presenta la ubicación aproximada del trazado de los canales.

FIGURA 4.1.2-2
TRAZADO PRELIMINAR DE LOS CANALES



Fuente: Elaboración propia

4.2. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,9 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

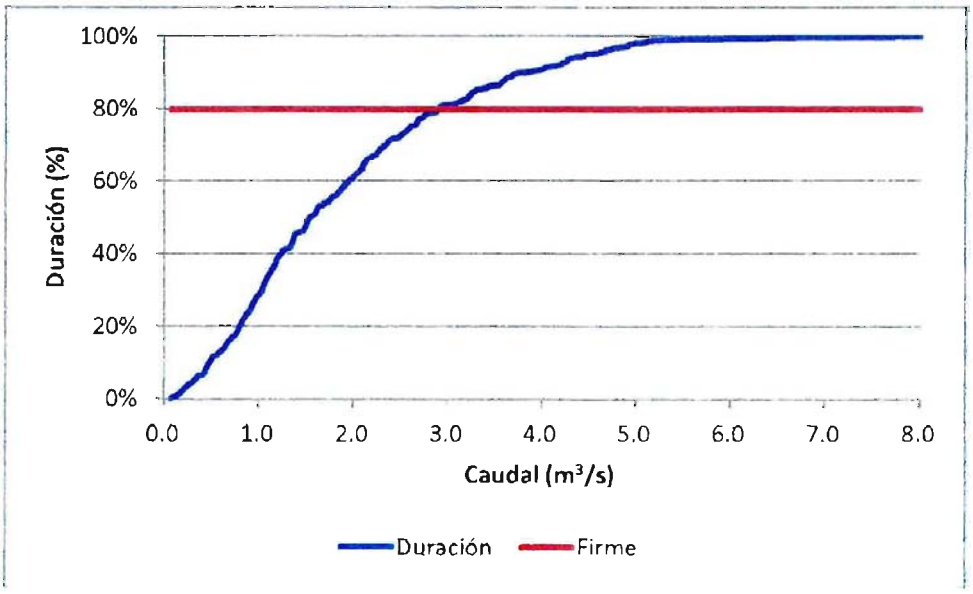
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

FIGURA 4.2-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

Para la Mini Central Hidroeléctrica, a nivel de perfil se determinó la potencia de diseño y la energía total generable, según se muestra en el Cuadro 4.2-1.Nótese que a mayor volumen de regulación menor es la energía generable. Nótese que la energía generable disminuye a mayores volúmenes de embalse dado que más agua es almacenada antes de liberarse.

CUADRO 4.2-1
CARACTERÍSTICAS MCH

Volumen (hm^3)	H Total Caída(m)	P Inst (kW)	Energía Total (MWh/año)
1,0	5,8	132	579,8
2,0	7,9	177	659,3
3,0	9,5	211	642,7

Fuente: Elaboración propia

5. PRESUPUESTO DE LAS OBRAS

5.1. Embalse de Regulación

Para la determinación del presupuesto de las obras, se cubicó sólo el muro de los embalses de mayor tamaño. Los resultados de la cubicación y los costos se presentan en el Cuadro 5.1-1. Se hace notar que estos costos no incluyen gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.1-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE

Volumen = 1,0 hm³ / h= 7,0 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	7.398	1.500	1.320	11.097.000	9.765.360
m³	Excavaciones	2.357	5.000	4.800	11.785.000	11.313.600
m³	Relleno de la presa	18.936	4.000	3.840	75.744.000	72.714.240
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	1.488	50.000	48.000	74.400.000	71.424.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	3.570	3.500	3.430	12.495.000	12.245.100
Total Muro					**185.521.000**	**177.462.300**
Volumen = 2,0 hm³ / h=9,5 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	10.511	1.500	1.320	15.766.500	13.874.520
m³	Excavaciones	3.818	5.000	4.800	19.090.000	18.326.400
m³	Relleno de la presa	40.462	4.000	3.840	161.848.000	155.374.080
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.219	50.000	48.000	110.950.000	106.512.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	5.326	3.500	3.430	18.641.000	18.268.180
Total Muro					**326.295.500**	**312.355.180**
Volumen = 3,0 hm³ / h=11,0 m						
Unidad	**Descripción**	**Cantidad**	**Precio Unitario ($)**		**Precio Total ($)**	
			Privado	**Social**	**Privado**	**Social**
m²	Roce descepe y escarpe	12.379	1.500	1.320	18.568.500	16.340.280
m³	Excavaciones	4.694	5.000	4.800	23.470.000	22.531.200
m³	Relleno de la presa	53.378	4.000	3.840	213.512.000	204.971.520
m³	Enrocado de protección e=0,5 m	2.658	50.000	48.000	132.900.000	127.584.000
m²	Filtro geotextil sobre enrocado	6.379	3.500	3.430	22.326.500	21.879.970
Total Muro					**410.777.000**	**393.306.970**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.2. Sistema de Distribución

Para el sistema de distribución se determinó el costo de las obras usando las cantidades de obras presentadas anteriormente en el Cuadro 4.1.2-1. Los resultados sin incluir gastos generales y utilidades se presentan en el Cuadro 5.2-1.

CUADRO 5.2-1
PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE DISTRIBUCIÓN

Volumen = 1,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	13.380	12.594	11.335	168.507.720	151.656.948
m³	Hormigón H-30	36.666	99.523	94.547	3.649.110.318	3.466.654.802
m²	Malla Acma C-295	244.440	7.877	7.719	1.925.453.880	1.886.944.802
m²	Moldajes 3 usos	111.227	8.834	7.951	982.576.373	884.318.736
m²	Aplicación Antisol	77.600	255	230	19.788.000	17.809.200
m	Juntas de dilatación	46.560	5.994	5.395	279.080.640	251.172.576
Total Sistema Distribución					**7.024.516.931**	**6.658.557.065**
Volumen = 2,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	18.570	12.594	11.335	233.870.580	210.483.522
m³	Hormigón H-30	50.850	99.523	94.547	5.060.744.550	4.807.707.323
m²	Malla Acma C-295	339.000	7.877	7.719	2.670.303.000	2.616.896.940
m²	Moldajes 3 usos	153.680	8.834	7.951	1.357.609.120	1.221.848.208
m²	Aplicación Antisol	108.480	255	230	27.662.400	24.896.160
m	Juntas de dilatación	65.088	5.994	5.395	390.137.472	351.123.725
Total Sistema Distribución					**9.740.327.122**	**9.232.955.877**
Volumen = 3,0 hm³						
Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario ($)		Precio Total ($)	
			Privado	Social	Privado	Social
m³	Base estabilizada compactada e=0,15 m	29.445	12.594	11.335	370.830.330	333.747.297
m³	Hormigón H-30	76.879	99.523	94.547	7.651.203.836	7.268.643.644
m²	Malla Acma C-295	512.525	7.877	7.719	4.037.159.425	3.956.416.237
m²	Moldajes 3 usos	226.417	8.834	7.951	2.000.164.833	1.800.148.350
m²	Aplicación Antisol	172.900	255	230	44.089.500	39.680.550
m	Juntas de dilatación	98.800	5.994	5.395	592.207.200	532.986.480
Total Sistema Distribución					**14.695.655.125**	**13.931.622.558**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.3. MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Para la Minicentral hidroeléctrica se adopta, en forma conservadora, un costo de US$5.000 por kw instalado. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.3-1.

CUADRO 5.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)	Costo (UF)	Costo (US$)
1,0	132	319.050.600	14.122	660.000
2,0	177	427.817.850	18.937	885.000
3,0	211	509.997.550	22.574	1.055.000

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

5.4. EXPROPIACIONES

Para evaluar el costo de las expropiaciones se usó como parámetro la superficie del espejo del embalse ampliada en un 10% para considerar las obras anexas. Como costo de expropiaciones se consideró conservadoramente 200 UF/ha, valor que se determinó considerando las ventas de tierra en la zona según se consigna en las estadísticas de precios de ODEPA. El cálculo se incluye en el Anexo F. Los resultados de la evaluación se presentan en el Cuadro 5.4-1.

CUADRO 5.4-1
PRESUPUESTO DE EXPROPIACIONES

Volumen (hm^3)	Superficie (ha)	Costo ($)
1,0	49,1	221.855.502,0
2,0	69,0	311.772.498,0
3,0	84,0	379.549.128,0

Fuente: Elaboración propia

5.5. RESUMEN DE COSTOS

En el Cuadro 5.5-1 se presenta el resumen con los costos del proyecto. Se considera un 60% por concepto de gastos generales y utilidades.

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Volumen = 1,0 hm³		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	185.521.000	177.462.300
Obra de Desvío	18.552.100	17.746.230
Obra de Toma	9.276.050	8.873.115
Vertedero	64.932.350	62.111.805
Sistema de Distribución	7.024.516.931	6.658.557.065
Caminos de Acceso	18.552.100	17.746.230
TOTAL COSTO DIRECTO	**7.331.350.531**	**6.952.496.745**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**4.398.810.319**	**4.171.498.047**
Minicentral Hidroeléctrica	319.050.600	319.050.600
TOTAL COSTO DIRECTO	**319.050.600**	**319.050.600**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**111.667.710**	**111.667.710**
EXPROPIACIONES	**221.855.502**	**221.855.502**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**12.382.734.662**	**11.776.568.603**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**548.122**	**521.290**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**25.615.388**	**24.361.450**

Volumen = 2,0 hm³		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	326.295.500	312.355.180
Obra de Desvío	32.629.550	31.235.518
Obra de Toma	16.314.775	15.617.759
Vertedero	114.203.425	109.324.313
Sistema de Distribución	9.740.327.122	9.232.955.877
Caminos de Acceso	32.629.550	31.235.518
TOTAL COSTO DIRECTO	**10.272.399.922**	**9.742.724.165**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**6.163.439.953**	**5.845.634.499**
Minicentral Hidroeléctrica	427.817.850	427.817.850
TOTAL COSTO DIRECTO	**427.817.850**	**427.817.850**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**149.736.248**	**149.736.248**
EXPROPIACIONES	**311.772.498**	**311.772.498**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**17.325.166.471**	**16.477.685.260**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**766.899**	**729.385**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**35.839.487**	**34.086.356**

Volumen = 3,0 hm³		
Ítem	**Mercado ($)**	**Social ($)**
Instalación de Faenas	10.000.000	10.000.000
Muro	410.777.000	393.306.970

CUADRO 5.5-1
RESUMEN DE COSTOS

Obra de Desvío	41.077.700	39.330.697
Obra de Toma	20.538.850	19.665.349
Vertedero	143.771.950	137.657.440
Sistema de Distribución	14.695.655.125	13.931.622.558
Caminos de Acceso	41.077.700	39.330.697
TOTAL COSTO DIRECTO	**15.362.898.325**	**14.570.913.710**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)	**9.217.738.995**	**8.742.548.226**
Minicentral Hidroeléctrica	509.997.550	509.997.550
TOTAL COSTO DIRECTO	**509.997.550**	**509.997.550**
GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)	**178.499.143**	**178.499.143**
EXPROPIACIONES	**379.549.128**	**379.549.128**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)	**25.648.683.140**	**24.381.507.756**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)	**1.135.339**	**1.079.248**
COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)	**53.057.825**	**50.436.499**

1 UF al 30/4/2012 22.592,21
1 US$ al 30/4/2012 483,41

Fuente: Elaboración propia

6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

6.1. GENERALIDADES

De acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos de MIDEPLAN vigente (hoy Ministerio de Desarrollo Social), la evaluación de proyectos se debe realizar analizando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se deben haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se presentan en forma resumida en los Acápites 6.3 y 6.4.

En particular, los beneficios agroeconómicos se determinaron utilizando el método del análisis de la situación diferencial, es decir determinando el diferencial de beneficios entre la situación actual optimizada o "sin proyecto" y una futura "con proyecto".

Los ingresos incrementales atribuibles al proyecto, se generan por la producción agropecuaria. Para efectos de cálculo, se consideró que la vida útil de las obras es de 30 años, y no se consideró el valor final residual que tendrán las obras civiles con posterioridad al horizonte de evaluación de los proyectos (30 años).

En los flujos de fondos no se consideraron las eventuales deudas que pudieran tener actualmente los agricultores con proveedores y con el sistema financiero.

Los indicadores de rentabilidad determinados corresponden al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), y IVAN que es la razón entre el VAN y la inversión total actualizada.

Estos indicadores son comúnmente utilizados en este tipo de evaluación. Los parámetros básicos de ingreso para el cálculo de estos indicadores son los costos de inversión y mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

6.2 SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN

El supuesto básico es que en las tierras de nuevo riego o mayor seguridad de riego, se establecerán aquellos cultivos y plantaciones cuya restricción fundamental en la actualidad es la falta de riego o de seguridad de riego. O sea, la estructura productiva de las áreas de nuevo riego será muy similar a la situación actual base óptima.

La metodología básica es determinar todos los rubros de inversión necesarios y los costos de operación de la infraestructura de riego. Para los agricultores de diferentes tamaños y características tecnológicas presentes en el área se determinaron márgenes netos de ganancia o beneficios netos. Para lo último se determinaron los costos e ingresos en la situación con y sin proyecto. Así se obtendrán flujos netos para ambas situaciones, con y sin proyecto, de manera de disponer de este cálculo la situación diferencial entre ambas situaciones.

Los supuestos básicos de la evaluación son los siguientes:

- Horizonte de evaluación: se consideró un periodo de 30 años.
- Los precios reales de insumos, bienes finales y mano de obra, tanto privados como sociales, según corresponda, se mantienen constantes durante el horizonte de evaluación. Esto significa que el tamaño del proyecto no altera actualmente ni a futuro las condiciones de los mercados en que intervienen.
- Los factores de corrección de precios privados a sociales, actualmente vigentes, según MIDEPLAN, se mantendrán constantes independiente del hecho que hayan sido calculados en condiciones económicas distintas a las que en el futuro se tengan.
- Tasa de descuento privada del 12%.
- Tasa de descuento social del 6%.
- Nivel de precios: 30 Abril 2012, 22.591,21 $/UF, 483,41 $/US $

6.3 BENEFICIOS

6.3.1 Beneficios Agroeconómicos

a) Márgenes Unitarios

Para la caracterización agrícola de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para situación actual y futura. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 6.3.1-1 y 6.3.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 6.3.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Treboi	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

CUADRO 6.3.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	0	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	-	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	-	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	0	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	0	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Ver Anexo F

b) Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 6.3.1-3.

CUADRO 6.3.1-3
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos en los Cuadros 6.3.1-4 y 6.3.1-5 a precios de mercado y sociales, respectivamente.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

CUADRO 6.3.1-4
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO

Año	Flujos Alternativas a precios de Mercado ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	209.064.456	209.064.456	0	209.064.456	0	209.064.456	0	209.064.456	209.064.456
1	210.767.772	-2.178.595.747	-2.389.363.519	-3.389.082.532	-3.599.850.304	-4.368.703.280	-4.579.471.052	210.767.772	-2.178.595.747
2	210.767.772	-2.819.410.379	-3.030.178.151	-4.529.968.375	-4.740.736.147	-5.914.285.928	-6.125.053.701	210.767.772	-2.819.410.379
3	210.767.772	-4.331.104.439	-4.541.872.212	-7.221.551.544	-7.432.319.316	-9.560.727.809	-9.771.495.581	210.767.772	-4.331.104.439
4	210.767.772	-1.922.170.215	-2.132.937.987	-2.933.056.677	-3.143.824.449	-3.751.145.205	-3.961.912.977	210.767.772	-1.922.170.215
5	210.767.772	-1.481.081.214	-1.691.848.987	-2.038.956.412	-2.249.724.185	-2.490.432.732	-2.701.200.505	210.767.772	-1.481.081.214
6	179.174.600	542.692.920	363.518.319	1.904.559.117	1.725.384.517	3.006.687.947	2.827.513.347	179.174.600	542.692.920
7	195.535.776	3.503.817.272	3.308.281.497	6.401.098.046	6.205.562.270	8.745.804.650	8.550.268.875	195.535.776	3.503.817.272
8	194.549.586	5.355.592.021	5.161.042.434	9.698.427.790	9.503.878.203	13.212.990.758	13.018.441.171	194.549.586	5.355.592.021
9	196.861.223	6.571.807.529	6.374.946.307	11.861.759.430	11.664.898.207	16.142.802.978	15.945.941.756	196.861.223	6.571.807.529
10	200.335.157	7.773.279.594	7.572.944.436	13.996.320.226	13.795.985.068	19.032.492.283	18.832.157.126	200.335.157	7.773.279.594
11	205.634.683	8.436.914.028	8.231.279.346	15.172.853.688	14.967.219.005	20.624.103.825	20.418.469.142	205.634.683	8.436.914.028
12	206.874.024	8.438.431.004	8.231.556.981	15.174.370.664	14.967.496.640	20.625.620.800	20.418.746.777	206.874.024	8.438.431.004
13	209.064.456	8.441.022.108	8.231.957.651	15.176.961.767	14.967.897.311	20.628.211.904	20.419.147.448	209.064.456	8.441.022.108
14	210.767.772	5.513.806.393	5.303.038.621	9.963.758.891	9.752.991.119	13.565.009.109	13.354.241.337	210.767.772	5.513.806.393
15	210.767.772	2.132.474.761	1.921.706.989	3.943.719.204	3.732.951.432	5.409.520.119	5.198.752.347	210.767.772	2.132.474.761
16	210.767.772	-3.729.824.078	-3.940.591.850	-5.493.373.487	-6.704.141.260	-8.729.854.195	-8.940.621.967	210.767.772	-3.729.824.078
17	200.490.150	-1.002.785.620	-1.203.275.770	-1.628.364.967	-1.828.855.117	-2.134.632.789	-2.335.122.939	200.490.150	-1.002.785.620
18	208.260.470	-295.434.464	-503.694.935	-375.080.643	-583.341.113	-439.536.571	-647.797.041	208.260.470	-295.434.464
19	186.803.954	1.524.796.714	1.337.992.761	2.884.193.412	2.697.389.459	3.984.323.730	3.797.519.776	186.803.954	1.524.796.714
20	195.602.549	3.503.856.377	3.308.253.828	6.401.115.537	6.205.512.988	8.745.804.650	8.550.202.101	195.602.549	3.503.856.377
21	195.432.911	5.357.142.938	5.161.710.027	9.699.121.505	9.503.688.594	13.212.990.758	13.017.557.847	195.432.911	5.357.142.938
22	199.301.751	6.574.611.485	6.375.309.734	11.863.013.621	11.663.711.870	16.142.802.978	15.943.501.227	199.301.751	6.574.611.485
23	202.100.102	7.774.654.291	7.572.554.189	13.996.935.119	13.794.835.017	19.032.492.283	18.830.392.181	202.100.102	7.774.654.291
24	205.634.683	8.436.914.028	8.231.279.346	15.172.853.688	14.967.219.005	20.624.103.825	20.418.469.142	205.634.683	8.436.914.028
25	206.874.024	8.438.431.004	8.231.556.981	15.174.370.664	14.967.496.640	20.625.620.800	20.418.746.777	206.874.024	8.438.431.004
26	209.064.456	8.441.022.108	8.231.957.651	15.176.961.767	14.967.897.311	20.628.211.904	20.419.147.448	209.064.456	8.441.022.108
27	210.767.772	5.513.806.393	5.303.038.621	9.963.758.891	9.752.991.119	13.565.009.109	13.354.241.337	210.767.772	5.513.806.393
28	200.490.150	2.125.081.134	1.924.590.984	3.940.412.083	3.739.921.933	5.409.520.119	5.209.029.969	200.490.150	2.125.081.134
29	208.260.470	-3.732.667.138	-3.940.927.608	-6.494.645.169	-6.702.905.640	-8.729.854.195	-8.938.114.665	208.260.470	-3.732.667.138
30	208.119.503	-998.317.608	-1.206.437.111	-1.528.366.454	-1.834.485.958	-2.134.632.789	-2.342.752.292	208.119.503	-998.317.608

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 6.3.1-5
FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

Año	Flujos Alternativas a Precios Sociales ($)								
	Margen Neto SAO	Con Restricción de Derechos		Sin Restricción de Derechos 1		Sin Restricción de Derechos 2		Sin Restricción de Derechos 3	
		Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto	Margen Neto SF	Flujo Neto
0	332.242.905	332.242.905	0	332.242.905	0	332.242.905	0	332.242.905	332.242.905
1	334.457.868	-2.013.019.683	2.347.477.551	-3.207.586.405	3.542.044.274	-4.174.323.392	-4.508.781.260	334.457.868	-2.013.019.683
2	334.457.868	-2.595.405.761	2.929.863.630	-4.246.495.387	4.580.953.255	-5.582.686.475	-5.917.144.344	334.457.868	-2.595.405.761
3	334.457.868	-3.949.442.805	4.283.900.674	-6.657.396.968	6.991.854.837	-8.848.885.646	-9.183.343.515	334.457.868	-3.949.442.805
4	334.457.868	-1.479.210.147	1.813.668.015	-2.259.767.876	2.594.225.744	-2.891.456.347	-3.225.914.216	334.457.868	-1.479.210.147
5	334.457.868	736.638.811	1.071.096.680	-828.915.877	1.163.373.745	-903.593.708	-1.238.051.577	334.457.868	736.638.811
6	300.767.312	1.611.250.384	1.310.483.072	3.663.320.652	3.362.553.341	5.324.016.694	5.023.249.383	300.767.312	1.611.250.384
7	315.654.806	4.762.757.630	4.447.102.824	8.541.275.592	8.225.620.786	11.599.148.376	11.283.493.570	315.654.806	4.762.757.630
8	315.214.117	6.837.776.679	6.522.562.562	12.224.275.842	11.909.061.725	16.583.452.999	16.268.238.882	315.214.117	6.837.776.679
9	318.388.382	8.278.923.899	7.960.535.517	14.790.124.748	14.471.736.366	20.059.498.631	19.741.110.249	318.388.382	8.278.923.899
10	322.408.092	9.683.604.082	9.361.195.990	17.288.340.127	16.965.932.036	23.442.688.370	23.120.280.278	322.408.092	9.683.604.082
11	328.101.323	10.499.224.972	10.171.123.649	18.735.497.005	18.407.395.682	25.400.933.650	25.072.832.327	328.101.323	10.499.224.972
12	329.671.805	10.505.081.000	10.175.409.194	18.740.539.195	18.410.867.390	25.405.317.220	25.075.645.414	329.671.805	10.505.081.000
13	332.242.905	10.506.916.236	10.174.673.331	18.742.374.432	18.410.131.527	25.407.152.456	25.074.909.551	332.242.905	10.506.916.236
14	334.457.868	7.250.210.079	6.915.752.210	12.941.906.546	12.607.448.677	17.548.073.274	17.213.615.406	334.457.868	7.250.210.079
15	334.457.868	3.338.246.641	3.003.788.773	5.975.099.397	5.640.641.529	8.109.047.246	7.774.589.377	334.457.868	3.338.246.641
16	334.457.868	-3.348.162.444	-3.682.620.312	-5.929.218.911	-6.263.676.780	-8.018.012.032	-8.352.469.901	334.457.868	-3.348.162.444
17	324.854.749	-552.431.924	-877.286.673	-951.769.045	-1.276.623.794	-1.274.943.931	-1.599.798.680	324.854.749	-552.431.924
18	331.471.791	444.754.624	113.282.833	833.057.412	501.585.622	1.147.302.453	815.830.662	331.471.791	444.754.624
19	307.296.954	2.585.664.959	2.278.368.005	4.639.515.610	4.332.218.656	6.301.652.477	5.994.355.523	307.296.954	2.585.664.959
20	316.062.237	4.766.581.613	4.450.519.376	8.542.986.035	8.226.923.798	11.599.148.376	11.283.086.139	316.062.237	4.766.581.613
21	316.484.081	6.838.015.285	6.521.531.204	12.224.382.569	11.907.898.488	16.583.452.999	16.266.968.918	316.484.081	6.838.015.285
22	320.967.028	8.280.723.833	7.959.756.805	14.790.929.847	14.469.962.818	20.059.498.631	19.738.531.603	320.967.028	8.280.723.833
23	324.211.605	9.686.586.684	9.362.375.079	17.289.674.226	16.965.462.621	23.442.688.370	23.118.476.765	324.211.605	9.686.586.684
24	328.101.323	10.500.697.430	10.172.596.107	18.736.155.625	18.408.054.303	25.400.933.650	25.072.832.327	328.101.323	10.500.697.430
25	329.671.805	10.505.081.000	10.175.409.194	18.740.539.195	18.410.867.390	25.405.317.220	25.075.645.414	329.671.805	10.505.081.000
26	332.242.905	10.506.916.236	10.174.673.331	18.742.374.432	18.410.131.527	25.407.152.456	25.074.909.551	332.242.905	10.506.916.236
27	334.457.868	7.250.210.079	6.915.752.210	12.941.906.546	12.607.448.677	17.548.073.274	17.213.615.406	334.457.868	7.250.210.079
28	324.854.749	3.338.246.641	3.013.391.892	5.975.099.397	5.650.244.648	8.109.047.246	7.784.192.497	324.854.749	3.338.246.641
29	331.471.791	-3.355.258.819	-3.686.730.610	-5.932.393.074	-6.263.864.865	-8.018.012.032	-8.349.483.823	331.471.791	-3.355.258.819
30	331.384.391	-555.653.132	-887.037.523	953.209.870	-1.284.594.261	-1.274.943.931	-1.606.328.322	331.384.391	555.653.132

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Beneficios Hidroeléctricos

Para evaluar el beneficio hidroeléctrico, se consideró el valor promedio de venta de la energía a nivel de nudo para la región, valor que es equivalente a 44,9 $/kWh.

6.4 COSTOS

6.4.1 Costos Agroeconómicos

a) Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

En el Cuadro 6.4.1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 6.4.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/HA)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

b) Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este

motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 6.4.1-2.

CUADRO 6.4.1-2
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

c) Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 6.4.1-3. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 6.4.1-3
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

6.4.2 Costos Obras Civiles

En el Cuadro 6.4.2-1 se resume el costo de las obras civiles. El costo de operación se considera igual al 1% del costo de las obras civiles.

CUADRO 6.4.2-1
RESUMEN COSTOS OBRAS CIVILES ($)
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Embalse y Obras Anexas		Distribución	
	Privado	Social	Privado	Social
1,0	490.933.760	470.303.488	11.239.227.090	10.653.691.303
2,0	851.316.480	815.629.261	15.584.523.395	14.772.729.404
3,0	1.067.589.120	1.022.865.843	23.513.048.199	22.290.596.093

Fuente: Elaboración propia

6.4.3 CostoMCH

En el Cuadro 6.4.3-1 se resume el costo de las MCH. El costo de operación se considera igual al 0,5% de las obras

CUADRO 6.4.3-1
PRESUPUESTO DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA
INCLUYE GASTOS GENERALES Y UTILIDADES

Volumen (hm^3)	Potencia (kW)	Costo ($)
1,0	132	430.718.310
2,0	177	577.554.098
3,0	211	688.496.693

Fuente: Elaboración propia

6.4.4 Costos Ambientales

El costo ambiental del proyecto se evaluó igual al 1,5% del costo de las obras civiles y MCH durante los primeros 2 años, para luego disminuir a 0,5% para 2 años adicionales.

6.5 RESULTADOS

Los resultados de la evaluación se muestran en el Cuadro 6.5-1, tanto para el caso en el que no se considera la generación hidroeléctrica, como en el que esta se incluye. Se observa que el proyecto no es rentable a precios privados. Por otra parte a precios sociales es rentable, presentando un valor óptimo con el embalse de mayor tamaño. Por otra parte, para el caso con generación hidroeléctrica, Los indicadores son levemente menores,, dado la baja generación del embalse. La evaluación se presenta en el Anexo F.

CUADRO 6.5-1
RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA

Sin Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
1,0	-4.287,8	-0,37	10,0%	28.772,3	2,59	13,4%
2,0	1.600,4	0,10	12,5%	62.360,7	4,00	16,0%
3,0	1.545,4	0,06	12,3%	84.723,3	3,63	15,8%
Con Hidrogeneración						
Volumen (hm^3)	Mercado			Social		
	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)	VAN (millones $)	IVAN	Tir (%)
1,0	-4.538,2	-0,37	9,9%	28.658,0	2,48	13,3%
2,0	1.221,8	0,07	12,4%	62.134,3	3,84	15,9%
3,0	1.042,1	0,04	12,2%	84.364,4	3,51	15,7%

Fuente: Elaboración propia

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, se estima viable la construcción de un embalse para almacenar 3,0hm^3, lo que permitirá aumentar la superficie regada en el valle y la seguridad de riego a un 85%, esto se traduce que la superficie total que se beneficiaria de la regulación de la cuenca es de 6.000 ha aproximadamente.

Un elemento importante a considerar es que en esta evaluación el proyecto más interesante de analizar, no considera la aparente limitación de derechos de agua.

Lo anteriormente expuesto requeriría que en caso de continuarse con el proyecto, se analicen en detalle los derechos de agua, y también se analice con mayor detención el proyecto de la MCH, aunque a nivel de perfil no es tan interesante como el proyecto de riego, se requiere un análisis de mayor profundidad para en definitiva descartarlo.

Anexo A

Área Potencial de Riego Embalse

Archivo Electrónico

Anexo B

Recursos Hídricos

Archivo Electrónico

Anexo C

Caracterización Agronómica

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA EMBALSE EN RÍO SURGIDERO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	USO DEL SUELO	1
3.	**DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA**	**2**
3.1.	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL	2
3.3.	DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO	5
3.4.	EFICIENCIAS DE RIEGO	6
3.5.	TAZAS DE RIEGO	7
4.	**ANTECEDENTES ECONÓMICOS**	**8**
4.1.	MARGENES UNITARIOS	8
4.2.	FLUJOS AGROECONÓMICOS	10
4.2.1	Costos Agroeconómicos	11
4.2.1.1	Costos Indirectos	11
4.2.1.2.	Puesta en riego	12
4.2.1.3.	Programa de Asistencia Técnica	12

ANEXO C
CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

1. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio, la caracterización productiva se encuentra referida al uso del suelo agrícola, las demandas de agua de los cultivos y los márgenes unitarios a utilizar *posteriormente* en la evaluación económica de cada proyecto.

2. USO DEL SUELO

El uso del suelo agrícola actual para cada grupo se ha determinado en términos de la distribución porcentual de los cultivos de la comuna del grupo con mayor cantidad de proyectos, según la información disponible en el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Lo anterior fue replicado para caracterizar la distribución porcentual de los tipos de superficie, distinguiendo entre terrenos de riego, secano y otros con infraestructura y estériles. El Cuadro 2-1 presenta esta información.

Por otra parte, para la situación futura con proyecto se consideró un aumento en la proporción de los rubros frutales y en menor medida de cultivos anuales con respecto a las praderas y forrajes. No obstante cabe destacar que este crecimiento queda acotado a la adaptabilidad climática de los rubros frutales y a implementación histórica de pasturas y forrajes en la zona (Cuadro 2-1).

En este caso, para determinar las superficies de cada proyecto se ajustaron las distribuciones de los cultivos a la superficie factible de regar según los nuevos recursos disponibles[1]. La superficie de secano corresponderá a la superficie envolvente menos la regada y los terrenos con infraestructura.

[1] Los resultados de este análisis se presentan en el Anexo D, balance oferta-demanda de agua

CUADRO 2-1
DISTRIBUCIÓN DEL USO DEL SUELO AGRÍCOLA (%)
SITUACIÓN ACTUAL

Ítem	Actual	Futura
RIEGO		
Frutales y viveros	100,0	61,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	31,0
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	0,0	8,0
SUBTOTAL RIEGO	**100,0**	**100,0**
SECANO		
Frutales y viveros	0,3	0,3
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	59,2	59,2
Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros)	2,1	2,1
Cereales y barbecho	1,1	1,1
Forestal (Artificial, nativo y matorral)	36,5	36,5
Forrajeras anuales	0,8	0,8
SUBTOTAL SECANO	**100,0**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2007)

3. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

3.1. INTRODUCCIÓN

A continuación se realiza una descripción de las bases para el cálculo de las demandas de agua para uso agrícola de cada proyecto.

Al igual que para la caracterización del uso del suelo, la metodología de cálculo se basa en la consideración de tres grupos de proyectos.

3.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL

La Evapotranspiración potencial o "ETo" representa lo evapotranspirado por un cultivo de referencia, generalmente una pradera o cereal, de siembra densa, el que se mantiene con alto contenido de humedad, sano, etc. En esas condiciones, la ETo es función de la demanda atmosférica y por ende, puede estimarse sobre la base de parámetros climáticos.

Los valores de la ETo por grupo se han obtenido del Mapa Agroclimático de Chile, realizado por INIA en 1989. El Cuadro 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

CUADRO 3.2-1
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	Total
43,0	30,0	30,0	35,0	51,0	65,0	82,0	95,0	107,0	96,0	91,0	67,0	792,0

Fuente: INIA (1989)

Paralelamente, se han determinado para cada cultivo los Coeficientes de Cultivo mensuales (Kc). Estos se basaron en el FAO Irrigation and Drainage Paper 56, denominado "Crop Evapotranspiration Guidelines for computing crop water requeriments" (R. Allen, L. Pereira, D. Raes y M. Smith), además de ajustes realizados por el equipo de trabajo según las características de los cultivos en el área de estudio.

El Cuadro 3.2-2 muestra estos coeficientes Kc utilizados en el presente estudio.

CUADRO 3.2-2
COEFICIENTES DE CULTIVO KC

CULTVO	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Frutales y viveros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,55	0,80	1,05	1,05	0,78	0,50	0,00
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Cultivos anuales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,42	1,00	1,12	0,98	0,74	0,00

Fuente: FAO y Elaboración propia

Luego, mediante la multiplicación de la Eto por los Coeficientes de Cultivo (Kc) se determinó la Evapotranspiración Real (ETr) mensual para cada cultivo y grupo de proyectos, tal como se presenta en el Cuadro 3.2-3.

CUADRO 3.2-3
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	TOTAL
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	35,7	76,6	145,7	150,9	81,7	37,0	0,0	0,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	20,7	13,9	17,0	23,3	38,8	61,7	90,9	131,9	136,5	99,6	70,2	35,8	20,7
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,7	40,2	138,8	160,9	102,7	54,7	0,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

3.3. DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO

Para determinar la demanda neta de agua de riego, es necesario en primer lugar conocer la precipitación efectiva en el área en estudio. Ésta corresponde a la fracción de la precipitación total que puede ser aprovechada por el cultivo. La fracción que no es utilizada puede perderse en forma de escorrentía superficial, percolación profunda o evaporación.

La fórmula que expresa el método de Blaney y Criddle modificado por Merlet y Santibáñez es la siguiente:

$$Pef = -0{,}0022 * PP^2 + 1{,}0903 * PP$$

Donde:

Pef: Precipitación efectiva mensual
PP: Precipitación media mensual

La precipitación efectiva por grupo de proyectos se presenta en el Cuadro 3.3-1.

CUADRO 3.3-1
PRECIPITACIÓN EFECTIVA (mm/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
134,0	135,0	134,0	135,0	120,0	97,0	103,0	109,0	85,0	85,0	95,0	121,0	1.353,0

Fuente: Elaboración propia a partir de INIA (1989)

Una vez conocida la precipitación efectiva, se restó a la Evapotranspiración Real (ETr) obtenida en el punto anterior, obteniendo la Demanda Neta de cultivo, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Dn = ETr - Pef$$

Donde:

Dn es la demanda neta de cultivo (mm)

Etr es la Evapotranspiración real (mm), y

Pef es la precipitación efectiva (mm)

De esta forma, se determinaron las demandas unitarias netas mensuales para cada cultivo y grupo. Dicha información se muestra en el Cuadro 3.3-2.

CUADRO 3.3-2
DEMANDA NETA DE AGUA POR RUBRO (mm/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	0,0	0,0	0,0	27,4
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0.0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	6,2	0,0	0,0	22,9
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,8	9,1	0,0	0,0	43,9

Fuente: Elaboración propia

3.4. EFICIENCIAS DE RIEGO

Para el cálculo de la eficiencia de riego se consideraron los métodos de; surcos, aspersión y goteo.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450, que corresponden a valores que se producen a nivel potrero. Estas eficiencias son 45% para surcos, 75 para aspersión y 90% en el caso del goteo. El Cuadro 3.4-1 resume la eficiencia de cada rubro de cultivos.

CUADRO 3.4-1
EFICIENCIA DE RIEGO CULTIVOS

Cultivo	% Utilizado del método			Eficiencia de Riego Ponderada
	Surcos	Aspersión	Goteo	
Frutales y viveros	0,0	0,0	100,0	0,90
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	100,0	0,0	0,75
Cultivos anuales	100,0	0,0	0,0	0,45

Fuente: Elaboración propia.

3.5. TASAS DE RIEGO

Los Requerimientos Totales de Agua por unidad de superficie o Tasas de Riego (Tr), resultan de la división de las demandas netas (Dn) y la eficiencia de aplicación (Ea), multiplicado por un factor de conversión de unidades (que en este caso es igual a 10 y se usa para convertir mm en m³/ha), tal como lo muestra la siguiente expresión.

$$Tr = 10 * \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Tr es la Tasa de Riego en m³/ha/mes

Dn es la demanda neta de cultivo en mm/mes, y

Ea es la eficiencia de aplicación de riego

En el Cuadro 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo y grupo de proyectos.

Finalmente, da la distribución de los cultivos en las situaciones actual y futura con proyecto descrita anteriormente es posible obtener la tasa de riego ponderada por grupo (Cuadro 3.5-2).

CUADRO 3.5-1
TASAS DE RIEGO POR RUBRO (m³/ha/mes)

CULTIVO	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Frutales y viveros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	223,0	83,0	0,0	0,0	306,0
Cultivos anuales	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	773,0	202,0	0,0	0,0	975,0

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 3.5-2
TASAS PONDERADA DE RIEGO ACTUAL Y FUTURA (m³/ha/mes)

May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Situación Actual												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	304,0	0,0	0,0	0,0	304,0
Situación Futura Con Proyecto												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	316,4	41,9	0,0	0,0	358,3

Fuente: Elaboración propia

4. ANTECEDENTES ECONÓMICOS

4.1. MÁRGENES UNITARIOS

Para la caracterización agrícola, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos para Situación Actual (proyectada a la Situación Sin Proyecto) y Futura Con Proyecto. La información ha sido recopilada de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la VII a X regiones. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros en la cuenca. De esta manera, se tiene un método que permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en Situación Sin y Con Proyecto. Todos los precios han sido actualizados a abril de 2012.

En los Cuadros 4.1-1 y 4.1-2 se presentan los márgenes unitarios para la Situación Sin y Con Proyecto, tanto a precios de mercado como sociales.

CUADRO 4.1-1
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN SIN PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.740.485	-4.740.485	0	4.520.871	-4.520.871
		1	0	463.236	-463.236	0	403.145	-403.145
		2	1.245.496	2.129.555	-884.059	1.256.177	1.835.219	-579.042
		3	2.490.992	2.327.555	163.437	2.512.354	1.757.349	755.005
		4	4.981.984	3.425.293	1.556.691	5.024.709	2.654.281	2.370.428
		5	7.472.976	4.156.474	3.316.502	7.537.063	3.230.007	4.307.056
		6	8.718.472	4.784.922	3.933.550	8.793.240	3.704.266	5.088.975
		7	10.586.716	5.562.584	5.024.132	10.677.506	4.308.422	6.369.084
		8 a 12	12.454.960	6.582.774	5.872.186	12.561.772	5.089.893	7.471.879
Pradera natural	-	-	129.720	27.011	102.709	129.720	16.748	112.973
Papa	Desirée	-	1.545.600	1.251.194	294.406	1.545.600	1.072.913	472.687
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	107.143	147.909	-40.766	107.143	100.551	6.592
		5 a 10	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
Pradera natural	-	-	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	-	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	-	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	-	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 4.1-2
MÁRGENES UNITARIOS SITUACIÓN CON PROYECTO ($/ha)

Cultivo	Variedad	Año	Precios de Mercado			Precios Sociales		
			Ingreso	Costo	Margen	Ingreso	Costo	Margen
Riego								
Arándano	O' Neal	**0**	0	4.514.748	-4.514.748	0	4.305.591	-4.305.591
		1	0	441.177	-441.177	0	383.948	-383.948
		2	1.353.800	2.028.147	-674.347	1.365.410	1.747.828	-382.418
		3	2.707.600	2.216.719	490.881	2.730.820	1.673.666	1.057.154
		4	5.415.200	3.262.184	2.153.016	5.461.640	2.527.886	2.933.754
		5	8.122.800	3.958.546	4.164.254	8.192.460	3.076.197	5.116.263
		6	9.476.600	4.557.068	4.919.532	9.557.870	3.527.872	6.029.998
		7	11.507.300	5.297.699	6.209.601	11.605.985	4.103.259	7.502.726
		8 a 12	13.538.000	6.269.309	7.268.691	13.654.100	4.847.517	8.806.583
Pradera natural	-	**-**	141.000	25.725	115.275	141.000	15.950	125.050
Papa	Desirée	**-**	1.680.000	1.191.614	488.387	1.680.000	1.021.822	658.178
Secano								
Membrillo	-	**0**	0	514.206	-514.206	0	427.189	-427.189
		1	0	82.053	-82.053	0	59.177	-59.177
		2	0	89.893	-89.893	0	64.038	-64.038
		3	53.571	131.911	-78.339	53.571	90.089	-36.517
		4	214.286	156.893	57.393	214.286	107.390	106.896
		5 a 10	375.000	187.057	187.943	375.000	128.269	246.731
Pradera natural	-	**-**	70.500	25.725	44.775	70.500	15.950	54.550
Papa	Desirée	**-**	454.500	437.514	16.986	454.500	381.468	73.032
Trigo	Blanco	**-**	237.020	197.975	39.045	237.020	179.008	58.012
Eucaliptus	Globulos	**0**	0	1.340.666	-1.340.666	0	1.208.096	-1.208.096
		1	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		2	0	50.400	-50.400	0	31.248	-31.248
		3 A 19	0	26.250	-26.250	0	16.275	-16.275
		20	7.150.000	1.561.757	5.588.243	7.150.000	1.295.070	5.854.930
		Prom	340.476	164.261	176.216	340.476	135.349	205.127
Trebol	Rosado	**-**	540.000	110.000	430.000	540.000	80.000	460.000

Fuente: Elaboración propia

4.2. FLUJOS AGROECONÓMICOS

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie de riego de cada alternativa de embalse. Debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, se consideró una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado, independiente de la alternativa de embalse, se muestra en el Cuadro 4.2-1.

CUADRO 4.2-1
INCORPORACIÓN DE SUPERFICIE AL RIEGO

Año	Porcentaje (%)
1	10
2	10
3	20
4	30
5	30

Fuente: Elaboración propia

A partir de la curva de incorporación de superficies, los márgenes unitarios presentados en el acápite anterior, y los costos agroeconómicos detallados más adelante[2], se presentan los flujos. Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

4.2.1. Costos Agroeconómicos

4.2.1.1. Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de cada escenario se han estimado los costos indirectos generales. Los aspectos que se han incluido son los siguientes:

- Administración
- Contribuciones
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención de Construcciones
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

Es importante destacar que los costos indirectos de la Situación Sin Proyecto son mucho más bajos que en la Situación Con Proyecto por la incipiente presencia de la agricultura de riego, lo que conlleva una menor inversión afín.

[2] Costos Indirectos, Puesta en Riego y Programa de Asistencia Técnica.

En el Cuadro 4.2.1 1-1 se presenta un resumen de los costos indirectos considerados para la evaluación económica, los que se han determinado en base a trabajos anteriores según lo anteriormente expuesto.

CUADRO 4.2.1.1-1
RESUMEN COSTOS INDIRECTOS ($/ha)

Tipo Precio	SSP	SCP
P. Mercado	55.970	119.362
P. Sociales	52.940	112.573

Fuente: Elaboración propia

4.2.1.2. Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren de incluir los equipos de riego suficientes para que en situación futura se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión y los costos de mantención anual. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar con un 85% de seguridad son goteo para frutales y aspersión para los demás cultivos. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.2.1.2-1.

CUADRO 4.2.1.2-1
COSTO PUESTA EN RIEGO ($/ha)

Tipo Sistema	Inversión	Costo Anual		
		Reparaciones	Energía	Total
Aspersión (80%)	856.350	42.818	92.500	135.318
Goteo (20%)	2.035.603	101.780	267.956	369.736
Ponderado	1.092.201	54.610	127.591	182.201

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la puesta en riego se estableció con la misma gradualidad que la incorporación de superficie de riego.

4.2.1.3. Programa de Asistencia Técnica

El desarrollo agropecuario del área de estudio requiere necesariamente de apoyo tecnológico a través de un programa que optimice la actividad agropecuaria mediante el uso de los recursos existentes. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías en el manejo de los rubros productivos.

El programa de apoyo se hace indispensable, si se quiere lograr un desarrollo armónico de los diferentes predios y, en especial, para apoyar los procesos productivos que deben realizar los pequeños propietarios, quienes necesitan disponer de mayores conocimientos técnicos y de capacitación para la mejor utilización de los recursos productivos que emplean.

Para ello se ha calculado un valor promedio para un programa de asistencia técnica de 6 años de duración a partir del año 1, tal como se muestra en el Cuadro 4.2.1.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

CUADRO 4.2.1.3-1
COSTO ASISTENCIA TÉCNICA ($/ha)

AGRICULTOR	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
MAYORES A 50 ha		25.000	25.000	25.000	25.000		
ENTRE 5 A 50 ha		28.050	28.050	28.050	28.050	28.050	
MENORES A 5 ha		153.000	153.000	153.000	153.000	153.000	153.000
PROMEDIO		68.683	68.683	68.683	68.683	90.525	153.000

Fuente: Elaboración propia

Anexo D

Balance Hídrico

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO EMBALSE EN RÍO SURGIDERO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ASPECTOS METODOLÓGICOS	1
2.	ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO	1
3.	PROCESO DE CÁLCULO	1
4.	DATOS DE ENTRADA	2
5.	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE LA MCH	3
6.	MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO	4

ANEXO D
BALANCE HÍDRICO

1. ASPECTOS METODOLÓGICOS

En este anexo se presentan los elementos principales del balance hídrico, ya sea *para* embalses o captaciones superficiales.

2. ECUACIÓN DE BALANCE HÍDRICO

La ecuación de balance es la siguiente:

$$Q_{afluente} \cdot \Delta t = Q_{entregado} \cdot \Delta t + Q_{salida} \cdot \Delta t + Q_{evaporado} \cdot \Delta t + \Delta V \quad (1)$$

Donde:

$Q_{afluente}$	Caudal afluente al embalse o captación superficial (m^3/s)
$Q_{entregado}$	Caudal entregado para riego (m^3/s)
Q_{salida}	Caudal de salida del embalse o pasante en la zona de la captación (m^3/s)
$Q_{evaporado}$	Caudal evaporado desde el embalse. Este valor no se considera para las captaciones superficiales (m^3/s)
ΔV	Variación de volumen en el embalse (m^3)
Δt	Periodo de tiempo para la modelación (m^3)

3. PROCESO DE CÁLCULO

El proceso de cálculo es como sigue:

1. Se determina la demanda mensual necesaria a satisfacer.
2. Conocido el volumen al inicio del mes, se determina el volumen posible al final del mes.

$$V_{2,posible} = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t - Q_{entregado} \cdot \Delta t \quad (2)$$

3. El volumen posible puede ser positivo o negativo. Cuando $V_{2,posible}$ es negativo se tiene que no hay caudal de salida, y que el caudal demandado no puede entregarse en su totalidad. En este caso el caudal entregado viene dado por:

$$Q_{entregado} \cdot \Delta t = V_1 + Q_{afluente} \cdot \Delta t - Q_{evaporado} \cdot \Delta t \quad (3)$$

Por otra parte, no hay caudal de salida, y el volumen en el embalse al final del periodo es igual al volumen mínimo del embalse:

$$Q_{salida} = 0$$

$$V_2 = V_{mínimo\ embalse} \quad (4)$$

Cuando $V_{2,posible}$ es positivo se tiene que el caudal entregado es igual al demandado. Por otra parte, el caudal de salida del embalse y el volumen al final de la simulación viene dado por:

$$Q_{entregado} = Q_{demandado}$$

$$Q_{salida} = \begin{cases} 0 & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ \dfrac{V_{2,posible} - V_{máximo}}{\Delta t} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases} \quad (5)$$

$$V_2 = \begin{cases} V_{2,posible} & V_{2,posible} < V_{máximo} \\ V_{máximo} & V_{2,posible} > V_{máximo} \end{cases}$$

4. En forma intermedia se determina la demanda satisfecha, para luego determinar la seguridad de riego.

5. En lo que respecta al cálculo de la energía, se tiene que en primer lugar se calcula la altura del embalse para cada volumen, ya sea en la condición inicial o final. Se determina el caudal firme para generación de hidroelectricidad, caudal que es igual al caudal demandado para el riego. Para el cálculo de la energía, en forma conservadora no se considera el caudal vertido.

4. DATOS DE ENTRADA

Los datos de entrada para el cálculo son:

Superficie de la cuenca aportante	Superficie de la cuenca hidrográfica aportante al embalse
Superficie máxima de riego	Superficie máxima posible de regar aguas abajo del embalse o captación superficial
Volumen Mínimo del embalse	Se determina como el valor acumulado de la tasa de sedimentación anual, multiplicado por el valor de la cuenca aportante al embalse. Se considera un total de

	30 años para el cálculo
Curvas de Embalse	Definición geométrica del embalse: -Superficie V/s Volumen -Altura V/s Volumen
Tasa de Riego	Demanda de agua hacia el embalse Se determina en función de las posibilidades agronómicas de las diferentes zonas de riego ubicada bajo el embalse o captación superficial
Tasa de evaporación	Valor de la evaporación media en la zona de estudio

5. CÁLCULO DE ENERGÍA DE LA MCH

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 5-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,9 m^3/s. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

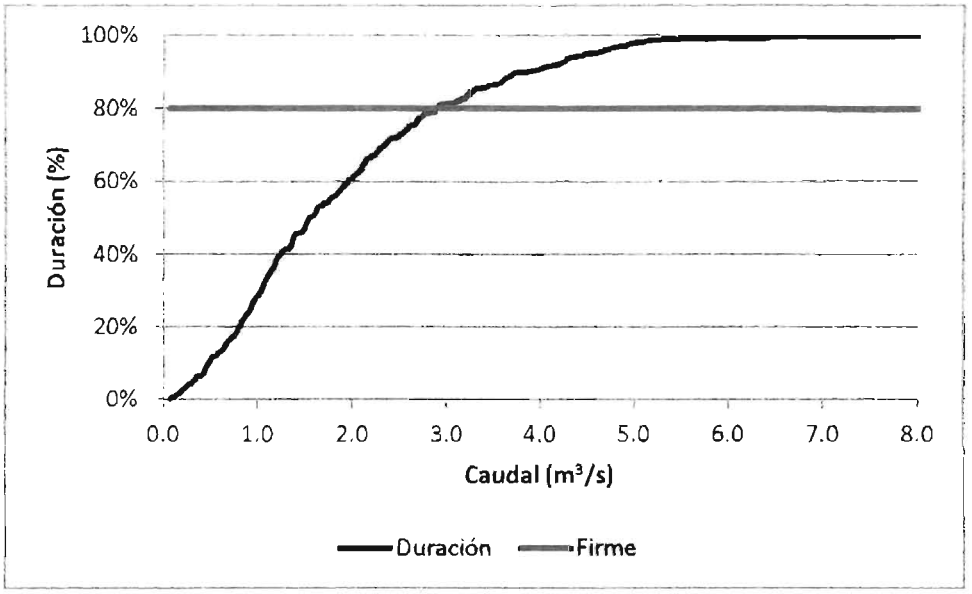
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

η_T	Eficiencia total
Q	Caudal de diseño en m^3/s
H	Altura neta de caída en m
g	Aceleración de gravedad en m/s^2

Se hace notar que la curva de duración se determina ordenando los caudales medios mensuales de menor a mayor, y se determina el porcentaje del tiempo en que el caudal es menor a un caudal dado.

FIGURA 5-1
CURVA DE DURACIÓN MEDIA MENSUAL



Fuente: Elaboración propia

6. MATRICES REPRESENTATIVAS DEL PROCESO

El proceso de cálculo antes descrito se representa en la forma de matrices, según se presenta en lo que sigue:

MATRIZ Nº 1: CAUDALES MEDIOS MENSUALES AFLUENTES AL EMBALSE (m³/s)	Dato de entrada al modelo
MATRIZ Nº 2: VOLUMEN AFLUENTE AL EMBALSE (m³)	Volumen de entrada
MATRIZ Nº 3: VOLUMEN INICIAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen en el sistema al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 4: SUPERFICIE (m²)	Superficie del embalse al inicio de la simulación
MATRIZ Nº 5: VOLUMEN EVAPORADO (m³)	Volumen evaporado desde el embalse
MATRIZ Nº 6: DEMANDAS (m³)	Volumen demandado al embalse
MATRIZ Nº 7: BALANCE 1	Determinación del volumen posible al final del periodo
MATRIZ Nº 9: DEMANDA SUPLIDA (m³)	Demanda suplida por el embalse
MATRIZ Nº 10: DEMANDA SUPLIDA (%)	
MATRIZ Nº 11 SEGURIDAD	Matriz para determinar la seguridad de riego dada por el embalse
MATRIZ Nº 12: BALANCE 3 (m³)	Valor de balance
MATRIZ Nº 13: VOLUMEN FINAL DEL EMBALSE (m³)	Volumen final del embalse
MATRIZ Nº 14: CAUDAL VERTIDO SOBRE EL TOTAL (m³/s)	Caudal en exceso vertido

MATRIZ Nº 15: ALTURA INICIAL (m)	Altura inicial del embalse
MATRIZ Nº 16: ALTURA FINAL (m)	Altura final del embalse
MATRIZ Nº 17: ALTURA MEDIA (m)	Altura media del embalse. Parámetro usado para determinar la generación mensual de energía
MATRIZ Nº 18: CAUDAL GENERABLE TOTAL (m^3/s)	Caudal usado para la generación hidroeléctrica
MATRIZ Nº 19: ENERGÍA GENERADA FIRME (MWh)	Energía media generada por el embalse

Anexo E

Análisis Estabilidad

ANEXO E
ANÁLISIS DE ESTABILIDAD EMBALSE EN RÍO SURGIDERO
ÍNDICE

Capítulo	Descripción	Página
1.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD	1

ANEXO E

ANÁLISIS ESTABILIDAD

Usando el balance hídrico, se determinó la altura útil correspondiente a cada volumen seleccionado. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden al menos a un 15%, ya que los cálculos se aproximaron al medio metro superior. Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula del Bureau of Reclamation que aparece en el libro "Diseño de Presas Pequeñas":

$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

donde:

w = ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies

Z = altura de la presa, en pies

Por debajo del sello de fundación de la presa se consideró que el suelo predominante es una grava gruesa arenosa algo limosa, por lo que se proyectó un dentellón de 5 m de ancho basal máximo y 2,5 m de profundidad.

En el Cuadro 1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

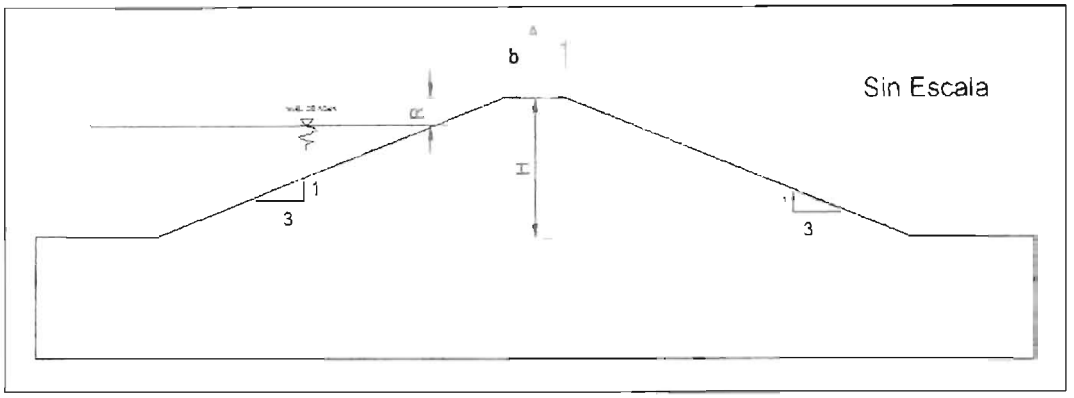
CUADRO 1
RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

Volumen (hm^3)	h Agua (m)	h Muro (m)	Cota Coronamiento (m.s.n.m.)	Ancho Coronamiento (m)	TALUD/1	
					IZQUIERDA	DERECHA
1,0	5,8	7,0	119	4,5	3,0	2,5
3,0	9,5	11,0	123	5,5	3,0	2,5

Nota: La altura del muro incluye las revanchas
Fuente: Elaboración propia

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea que se propone, que se muestra en la Figura 1. La inclinación del talud de aguas arriba es de H:V=3:1 y del talud de aguas abajo de H:V=2,5:1.

FIGURA 1
PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



Fuente: Elaboración propia

Para el análisis de estabilidad de la presa se consideró el nivel de aguas máximas normales, ya que es muy poco probable que ocurra un sismo de alta magnitud junto con el nivel de agua máximas eventuales.

En el interior de la presa, entre el nivel de aguas máximas normales del embalse y el pie del talud de aguas abajo se adoptó una curva suave de nivel freático, considerando que la pérdida de carga se produce gradualmente en el interior del muro.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2. Estos valores fueron estimados en base a supuestos del tipo de material del lugar de estudio. Para el suelo del muro se siguieron recomendaciones de propiedades promedios de los suelos basados del libro "Diseño de Presas Pequeñas" del Bureau of Reclamation, USA. Para el suelo de fundación se consideró valores conservadores.

CUADRO 2
PROPIEDADES DE RESISTENCIA AL CORTE PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Volumen (hm^3)	MATERIAL	Angulo de fricción (°)	Cohesión (t/m^2)	Peso unitario seco (t/m^3)	Peso unitario saturado (t/m^3)
1,0	SC-ML	31	2,5	2,0	2,0
3,0	SC-ML	31	2,5	2,0	2,0

Fuente: Elaboración propia

El análisis de estabilidad de ambos taludes de la presa se realizó con el programa de computación SLIDE desarrollado por la empresa Norte Americana Rocscience. Slide es

un software usado para evaluar la estabilidad de falla circular y no circular en taludes de suelos y roca, fácilmente modela geometrías de taludes complejo, y dibuja como se haría con cualquier CAD. La metodología de cálculo incluye modelos como Bishop, Jambu, Spencer, entre otros.

El análisis de estabilidad de la presa, se realizó según el método simplificado de Janbu, Debido a las características heterogéneas de los estratos involucrados.

El método de Janbu fue diseñado para superficies no necesariamente circulares, también supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos, es uno de los métodos de cálculo conocidos como rigurosos o exactos.

Por simplicidad, se muestra en las Figuras 2 y 3 el resultado del análisis para los volúmenes extremos de embalse.

El resultado del análisis realizado muestra que el talud de aguas abajo con embalse lleno tiene un factor de seguridad estático mayor que 1,2 en todos los casos analizados, tal como se muestra en el Cuadro 3. Estos valores cumplen con los criterios mínimos de seguridad

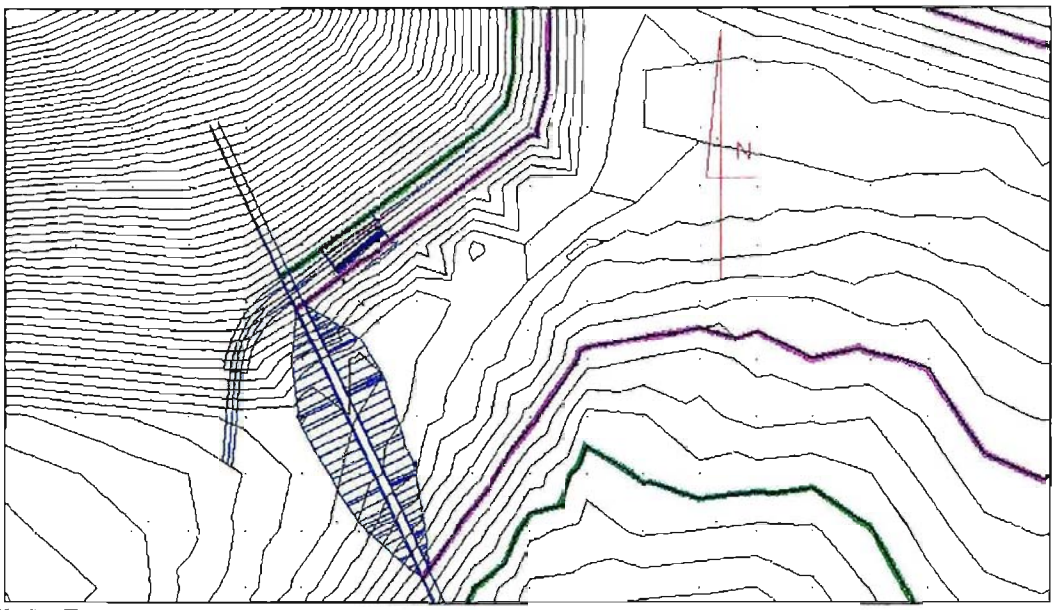
CUADRO 3
FACTORES DE SEGURIDAD

Volumen (hm^3)	Factor de Seguridad
1,0	1,847
3,0	1,483

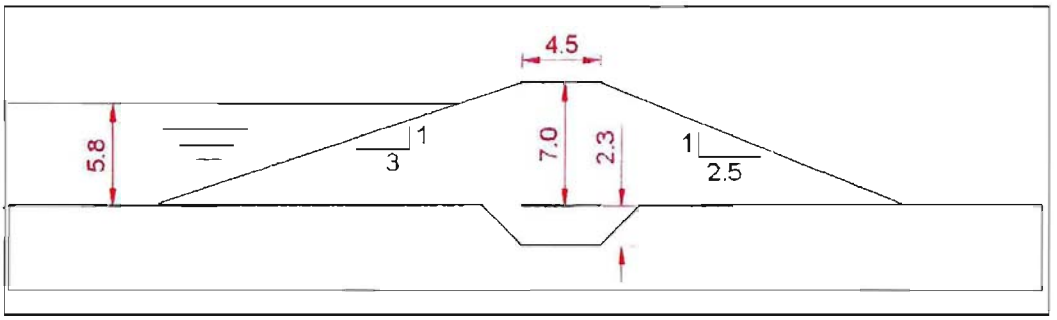
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 2
VOLUMEN 1,0 hm^3

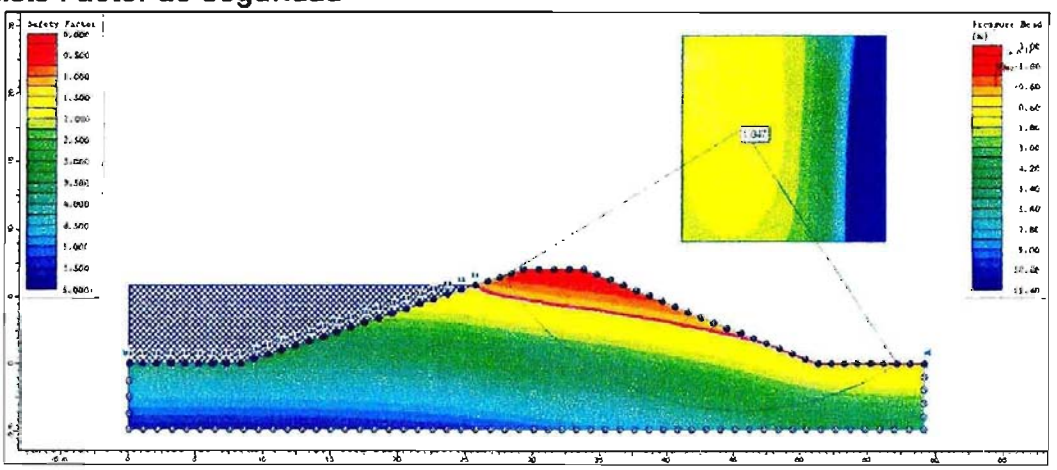
Vista en Planta



Perfil de Presa



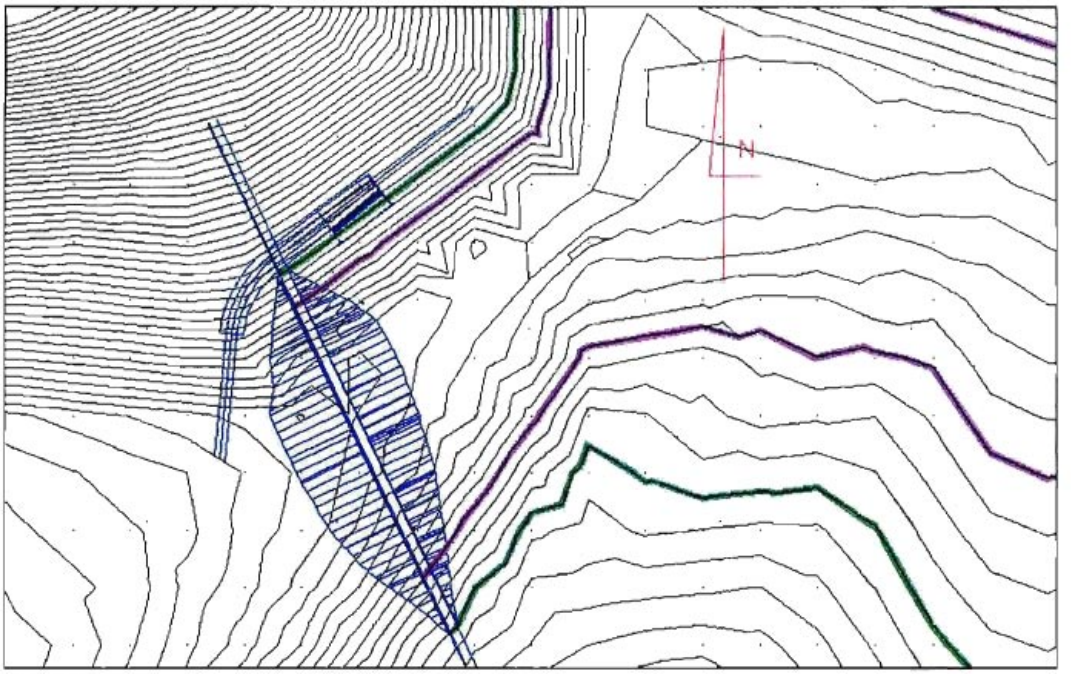
Análisis Factor de Seguridad



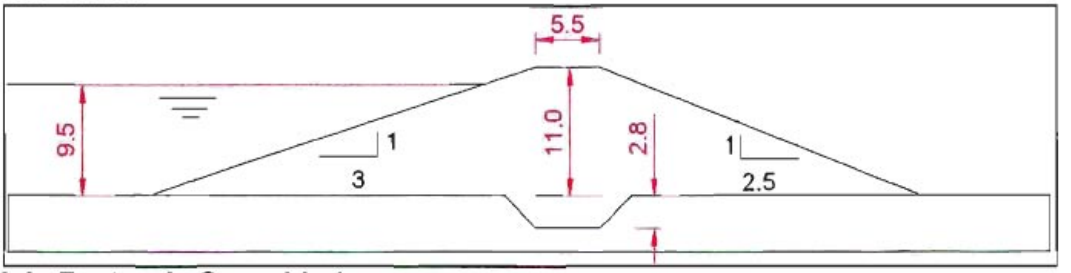
Fuente: Elaboración propia

FIGURA 3
VOLUMEN 3,0 hm^3

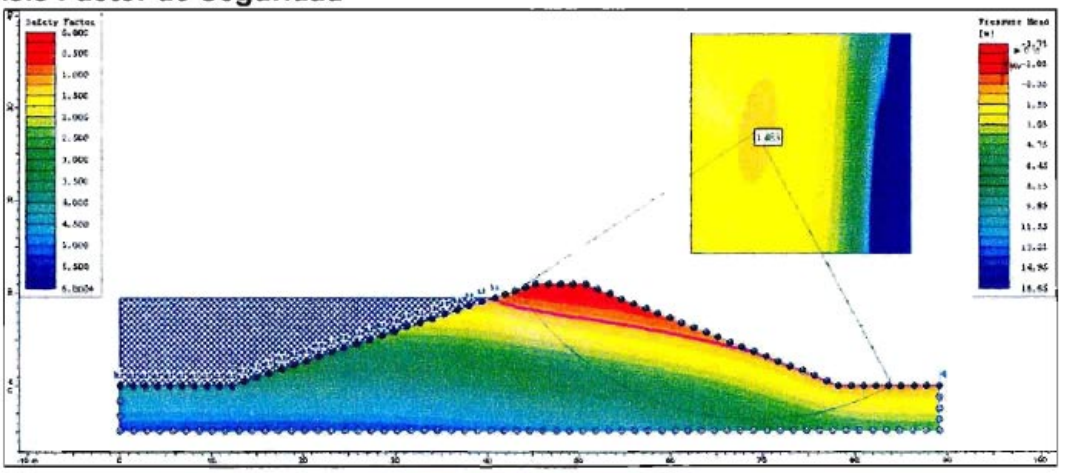
Vista en Planta



Perfil de Presa



Análisis Factor de Seguridad



Fuente: Elaboración propia

Anexo F

Evaluación Económica

Archivo Electrónico

ANEXO 7-3

COSTOS ESTUDIO

Archivo Electrónico