CNR-0408_V3

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

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

## LOS RÍOS

### 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 RÍOS

## 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 RÍOS


| ANEXO | DESCRIPCIÓN |
|---|---|
| **3.** | **RECONOCIMIENTO DE TERRENO E IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES EMPLAZAMIENTOS** |
| 3.1. | PRESENTACIÓN LOS RÍOS |
| 3.2. | LISTA ASISTENTES REUNIÓN DGA DOH |
| 3.3. | ASISTENTES PRODESAL LOS RÍOS |
| 3.4. | ASISTENTES PRODESAL LAGO RANCO |
| **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 | Min de plan | rcarrasco@minde plan.cl | |
| Hernán Alarcón S. | D.D.H. | hernan.alarcon@mop.gov.cl | |
| Miloslav Gardilcic | Dirección Gral. de Aguas | miloslav.gardilcic@mop.gov.cl | |
| Rodrigo Verdugo | SEREMI Agricultura | Rodrigo.Verdugo@minagri.gob.cl | |

AVDA. DECIMA REGION 480, PISO 1 - PUERTO MONTT - INTENDENCIA REGIONAL
Teléfono :(56- 65) 258043
Fax :(56- 65) 254737
EMAIL agriculturalosla...@minagri.cl
www.minagri.cl

Reunión Comisión Regional de Riego
2 de septiembre de 2011

| | | | |
|---|---|---|---|
| Ramiro Ponce | M.O.P | ramiro.ponce@mop.gob.cl | |
| Claudio Ernst | Indap | cernst@indap.cl | |
| Mario Pasten M. | Seg. Agric. | mario.pasten@minagri.gob.cl | |
| 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 400, PISO 1 - PUERTO MONTT - INTENDENCIA REGIONAL
Teléfono :(56- 65) 255043
Fax :(56- 65) 254757
EMAIL agricultura.lostaguas@minagri.cl
www.minagri.cl

Reunión Comisión Regional de Riego
2 de septiembre de 2011

| | | | |
|---|---|---|---|
| Julio Maiers | Intendencia | jmaiers@gorelagos.cl | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

AVDA. DECIMA REGION 466, PISO 1 - PUERTO MONTT - INTENDENCIA REGIONAL
Teléfono 1(56- 65) 255043
Fax 1(56- 65) 254757
EMAIL agricultura.[illegible]@minagri.cl
www.minagri.cl

# ANEXO 3-2

# PRESENTACIÓN

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

CNR
Ministerio de Agricultura

Gobierno de Chile

CUENCA

Realiza el Estudio:

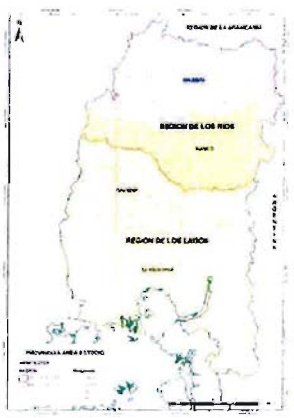
Cuenca Ingenieros Consultores Ltda.

## Objetivo General

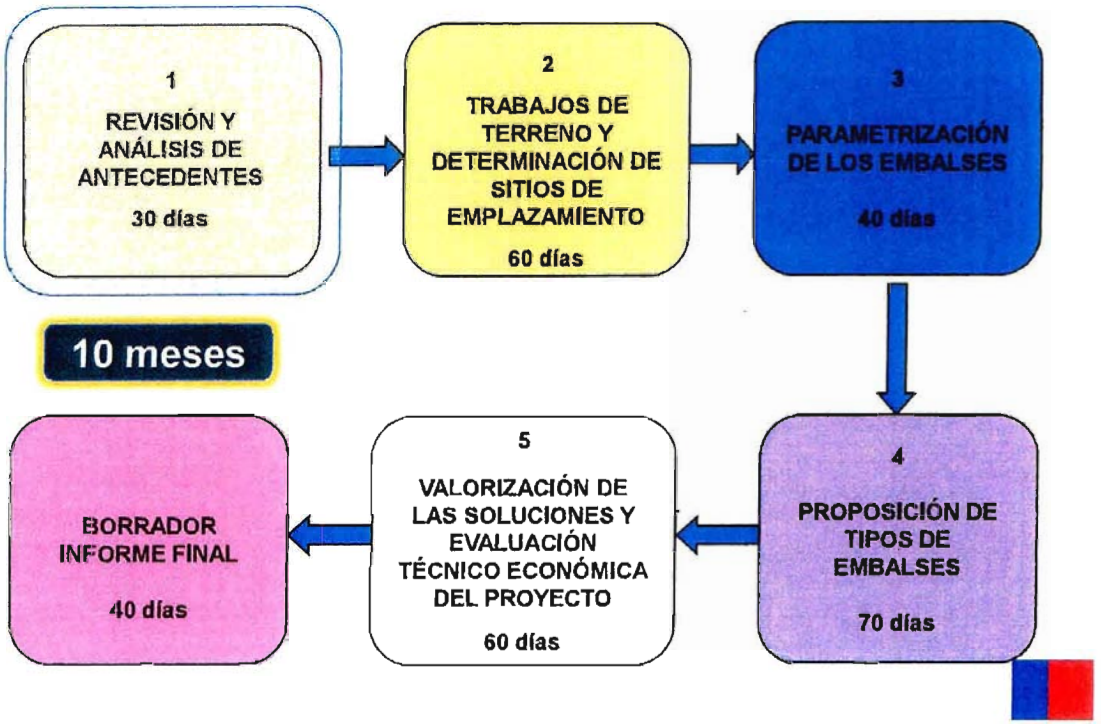
La identificación y elaboración de perfiles de embalses estacionales en la región de Los Ríos (provincias del Ranco y Valdivia) y de Los Lagos (provincias de Osorno y Llanquihue).

## Objetivos Específicos

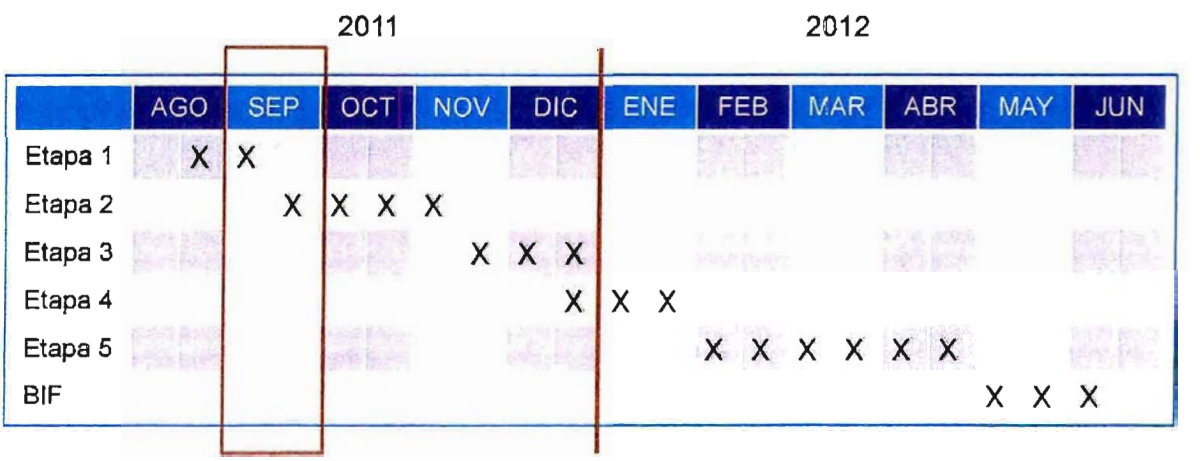
- Aumentar la seguridad de riego.
- Aumentar la superficie y la eficiencia del riego.
- Evaluar otros usos del recurso hídrico (Evaluación Multipropósito de Embalses).



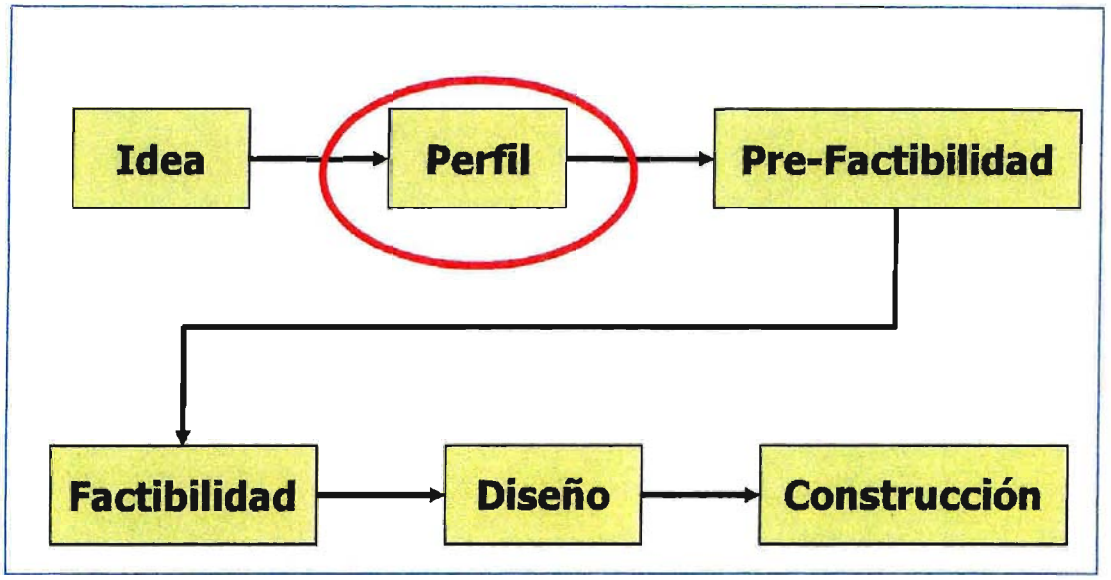
# Etapas del Estudio




# Cronograma



## Ciclo de vida de proyectos




# 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

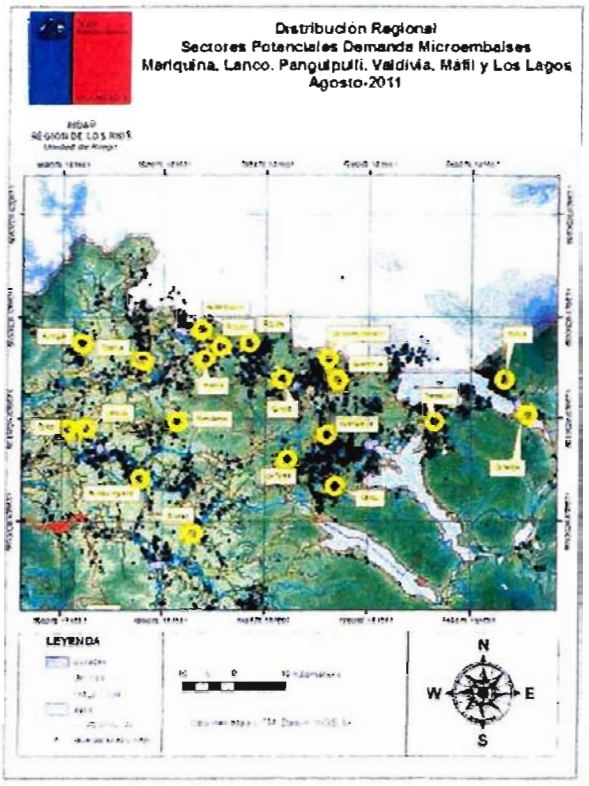
Reuniones Regionales

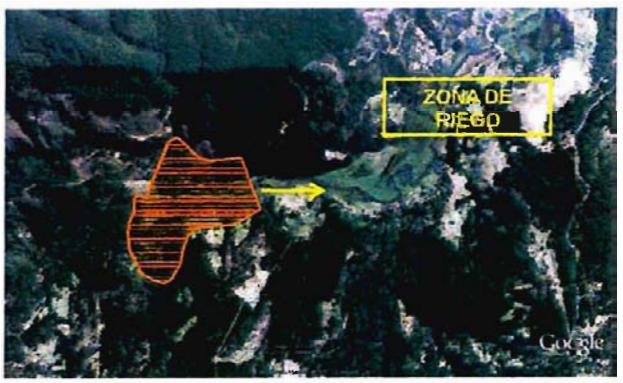
- Trabajo de Gabinete: Cartografía
- PRODESAL, PDTI,GREMIOS, DOH, DGA.

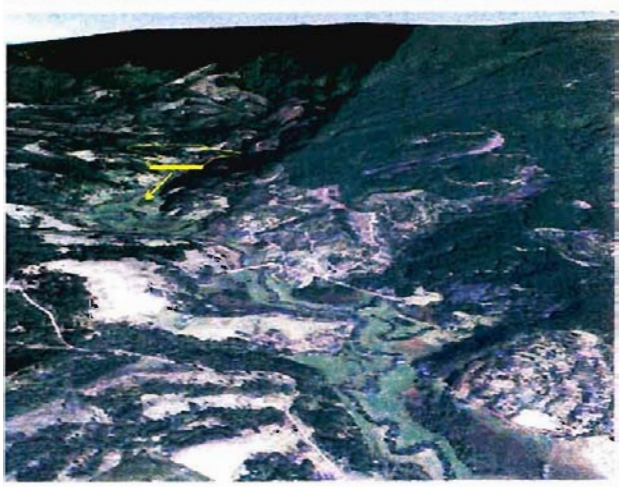
Inspecciones en terreno

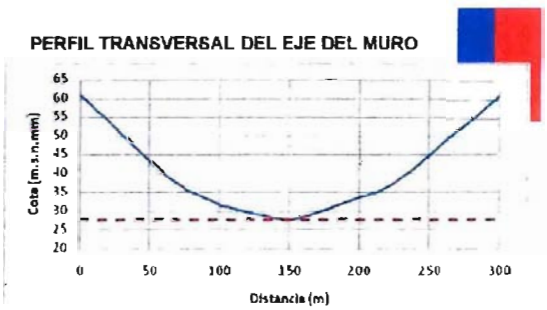
# 3.- Análisis de sitios identificados

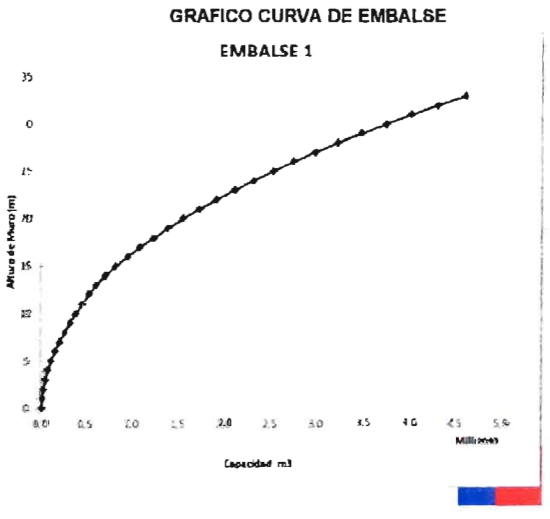
1. Características Generales;
2. Ubicación del Sitio
3. Antecedentes Geológicos;
4. Caracterización geológica-geotécnica
5. Estimación de Recursos Hídricos;
6. Curvas Características del Embalse;
7. Aspectos ambientales e interferencias
8. Aspectos productivos
9. Ubicación en planta del eje, dirección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





# Embalses Multipropósito

- 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 Priorización 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 |

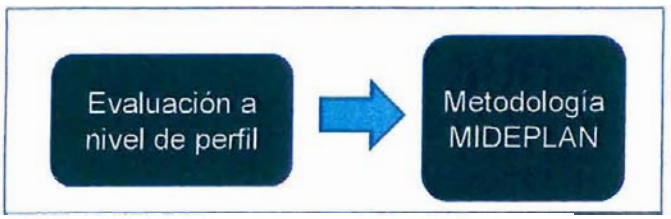
Matriz de Evaluación

| N | Comuna | Cauce | Estrategias y Priorización Regional | | | | | Antecedentes técnicos de la presa | | | | | | Interferencias e impactos ambientales | | | Otras características | | | | | | PUNTAJE TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Política Pública | Relevancia agropecuaria | Participación pequeños agricultores | Prioridad en riego | SUB TOTAL | Geología | Geomorfología | Agua/muro | Empréstitos | No-Complejidad | SUB TOTAL | Interferencias | Impactos Ambientales | SUB TOTAL | Presencia de comunidades originarias en zona del | Tamaño del proyecto | Poblados cercanos | Agricultura actual o potencial | Apreciación general del Consultor | SUB TOTAL | |
| FACTOR DE PONDERACIÓN | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Sitio 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Sitio 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Sitio 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Sitio 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Sitio 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Sitio 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Sitio 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Sitio 8 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Sitio 9 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Sitio 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Sitio 11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

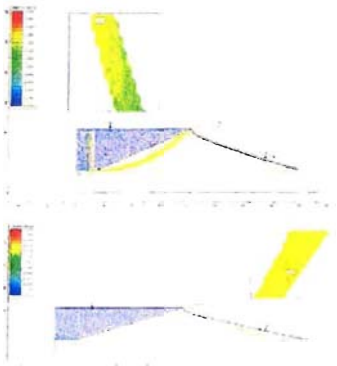
# 5.- Desarrollo del perfil de proyecto

- Características generales del sitio de embalse
- Estudios básicos
- Anteproyecto de ingeniería

PERFIL TIPO PRESA HOMOGÉNEA



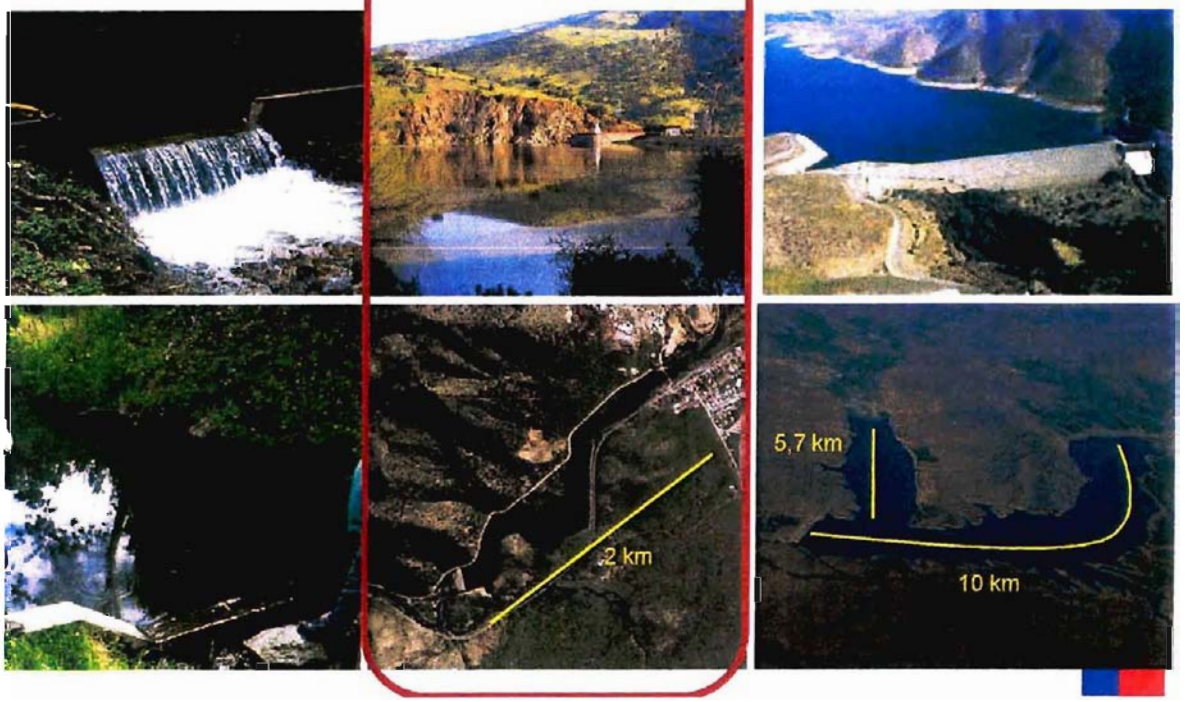
FACTOR DE SEGURIDAD DE TALUD CON EMBALSE LLENO



**Obra de acumulación menor**

**Embalse Rungue**
2,2 millones de m3

**Embalse La Paloma**
748 millones de m3



# Gracias.

Gobierno de Chile

www.gob.cl

# ANEXO 3-3

# ASISTENTES REUNIÓN PRODESAL #1

*"Estudio "Diagnóstico obras de acumulación agua riego, Los Ríos y Los Lagos"*

# REGISTRO DE ASISTENCIA

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

## COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

**ANTECEDENTES GENERALES**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Tema | REUNION CON EQUIPOS PRODESAL PROV. DE CLANQUIHUE | | |
| Fecha | 23 - SEPTIEMBRE - 2011 | | |
| Hora de inicio | 10:15 | Hora de Término | |
| Lugar | SALA REUNIONES SERENI 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 | 76959131 | fernarivas@gmail.com | |
| 3 | Francisco Gallardo | F | M | PRODESAL III MAULLIN | 065-220230 | Pancho.gallardo@hotmail.com | |
| 4 | Felipe Neumann | F | M | PRodesal I Los Muermos | 91656331 | neumann94@hotmail.com | |
| 5 | Luis Ditzel | F | M | INDAP Calbuco | 065-461213 | lditzel@indap.cl | |
| 6 | Bernardo Soto M. | F | M | Prodesal - Muermos | 065-217704 | osoto_333@hotmail.com | |
| 7 | Karina A. Ortiz C. | F | M | Prodesal 2 - Maullín | 065-220231 | KARINORTIZCARTES@GMAIL.COM | |
| 8 | Oscar Millacan Asencio | F | M | Prodesal II Los Muermos | 97820441 | oscarpillacan@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 | edcarrasga@gmail.com | |
| 11 | Carolina Aragón G | F | M | Prodesal. Fresia II | 66194776 | caragon79@gmail.com | |
| 12 | Loreto Padilla | F | M | INDAP Región X | 65-436126 | lmpadilla@indap.cl | |
| 13 | Cristian Sajarne | F | M | Prodesal Calbuco | 65-462330 | cristiansub@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 | María Elena Sandoval H | F | M | Prodesal Calbuco | 87959422 | mane.sandoval@gmail.com | [signature] |
| 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 3-4

# ASISTENTES REUNIÓN PRODESAL #2

*"Estudio "Diagnóstico obras de acumulación agua riego, Los Ríos y Los Lagos"*

# 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 Ortiz | F | M | Prodesal Rio Negro MI | 99865214 | Fcogomezch@gmail.com | [signature] |
| 2 | Elier Rivas Contreras | F | M | Prodesal Rio Negro M III | 96892053 | Prodefor@Rionegrochile.cl | [signature] |
| 3 | Alberto Dimiter M. | F | M | Prodesal Río Negro M II | 95280781 | albertodimiter@hotmail.com | [signature] |
| 4 | Carmen Hermosilla Vargas | F | M | Prodesal Rio Negro Modulo I, II | 96458929 | chermosilla@gmail.com | [signature] |
| 5 | LORETO PADILLA B | F | M | INDAP X° REGION | 65-436126 | lpadilla@indap.cl | [signature] |
| 6 | Willy Orellana Nieto | F | M | PRODESAL FRUTILLAR | 98733863 | willyorellana@gmail.com | [signature] |
| 7 | Tania Carrillo Winkler | F | M | PRODESAL Frutillar | 89291792 | tanycarrillo@gmail.com | [signature] |
| 8 | Carolina Colihue Cofré | F | M | Prodesal Frutilla | 65328240 | carocolihue@gmail.com | [signature] |
| 9 | Alvaro Ferreira R. | F | M | Prodesal Purranque | 64-351104 | ferreiraal@gmail.com | [signature] |
| 10 | Mauricio Morales Salom | F | M | Prodesal Purranque | 08-2193398 | MAURYSALOM@HotMail.com | [signature] |
| 11 | Jaime Fernandez P | F | M | Prodesal Purranque | 93990103 | JFPMEDUETO@HOTMAIL.CA | [signature] |
| 12 | Manuel Encalada V | F | M | INDAP Osorno (Apoyo) | 94336100 | mencalada@indap.cl | [signature] |
| 13 | Boris Navarro Unide | F | M | PRODESAL FRUTILLAR | 92522744 | agrotecnava@gmail.com | [signature] |

# 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 Cifuentes D. | F | (M) | Prodesal Purranque | 351104 | RICUEFEN@GMAIL.COM | |
| 17 | Lenyorette Abello. | (F) | M | Prodesal Río Negro. | 363236 | leny.abello@Hotmail.com | |
| 18 | Carola Cancia C. | (F) | M | Prodesal San Pablo | 79210344 | Carog4@hotmail.com | |
| 19 | Carlos Medina Soto | F | (M) | Prodesal Osorno | 78222444 | cmedinasoto@gmail.com | |
| 20 | Victoria Fallen Allen | (F) | M | Indap | 232327 | vfallen@indap.cl | |
| 21 | Pablo Barrientos Soto | F | (M) | CNR | 62085570 | pablo.barrientos@cnr.gob.cl | |
| 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 RIOS (XIV).

**Realizado por:** ProAmbiente Ltda.

M.Alicia Duhalde

M Ximena Garrido

**Fecha:** **Marzo - Abril 2012**

# 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 los sitios 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LR-122-01 | PUNAHUE | 5585075 | 753350 | 299 | PANGUIPULLI | 4.7 | Cordillera principal (Volcánica activa) |
| LL-035-01 | EL ENCANTO | 5481300 | 718500 | 272 | OSORNO/PUYEHUE | 4.6 | Lacustre de Barrera morrénica |
| LR-101-03 | PUQUIÑE | 5627696 | 708736 | 141 | LANCO | 4.5 | Precordillera sedimentaria en paños aislados |
| LR-111-01 | MAÑIO | 5598400 | 727025 | 359 | PANGUIPULLI | | |
| LR-111-04 | CORELTUE | 5612584 | 718886 | 210 | PANGUIPULLI | | |
| LR-120-01 | EL MOLINO | 5594300 | 705050 | 231 | LOS LAGOS | | |
| LR-015-01 | QDA HONDA | 5525350 | 703600 | 242 | RIO BUENO | 4.4 | LLano central con morrenas de ablación y conos de solifluxión periglacial |
| LR-015-02 | CURRALEIFU | 5523700 | 705750 | 250 | RIO BUENO | | |
| LR-015-04 | CHAICHAGUEN | 5520700 | 703500 | 200 | RIO BUENO | | |
| LR-015-05 | IGNAO | 5533100 | 705525 | | RIO BUENO | | |
| LR-025-01 | CHIRRE | 5508050 | 695400 | 162 | RIO BUENO | | |
| LR-109-02 | IÑAQUE | 5607800 | 688825 | 43 | MAFIL | | |
| LR-119-01 | PIEDRAS NEGRAS | 5585350 | 674950 | 46 | VALDIVIA | | |
| LR-120-02 | LLELEUFU | 5585550 | 701150 | 156 | LOS LAGOS | | |
| LR-120-05 | NALCAHUE | 5578875 | 709625 | 149 | LOS LAGOS | | |
| LR-004-02 | AGUAS TURBIAS | 5554650 | 677100 | 111 | PAILLACO | | |

## 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: Máfil (LR-109-02); Valdivia (LR-119-01); Los Lagos (LR-120 – 02 y LR-120-05); Paillaco (LR-004-02); Río Bueno (LR- 015-01; LR -015-02; LR-015-04 y LR015-05; LR-025-01 y 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).

**Precordillera sedimentaria en paños aislados (4.5)**: esta unidad sedimentaria impone su morfología sobre el Llano Central en paños discontinuos en una longitud cercana a los 100 km desde el sector de Villarrica al sur. En esta unidad prevalecen formas de acumulación de sedimentos cuaternarios de origen fluvial, glacial y volcánico, constituyendo conos de gran envergadura y potencia. El carácter fuertemente morrénico en el borde más occidental de los lagos sureños en conjunto con las condiciones climáticas más húmedas de la región, han reducido las formas del relieve a lomajes de gran curvatura externa y con procesos erosivos lineales en su periferias causado por el escurrimiento de quebradas y arroyos. En el sector de Los Lagos Paillaco el llano central se ve segmentado por estribaciones cordilleranas. En esta unidad se proyecta el emplazamiento de 4 embalses, distribuidos en las comunas de Lanco (LR-101-03); Panguipulli (LR-111-01; LR111-04) y Los lagos (LR-120-01).

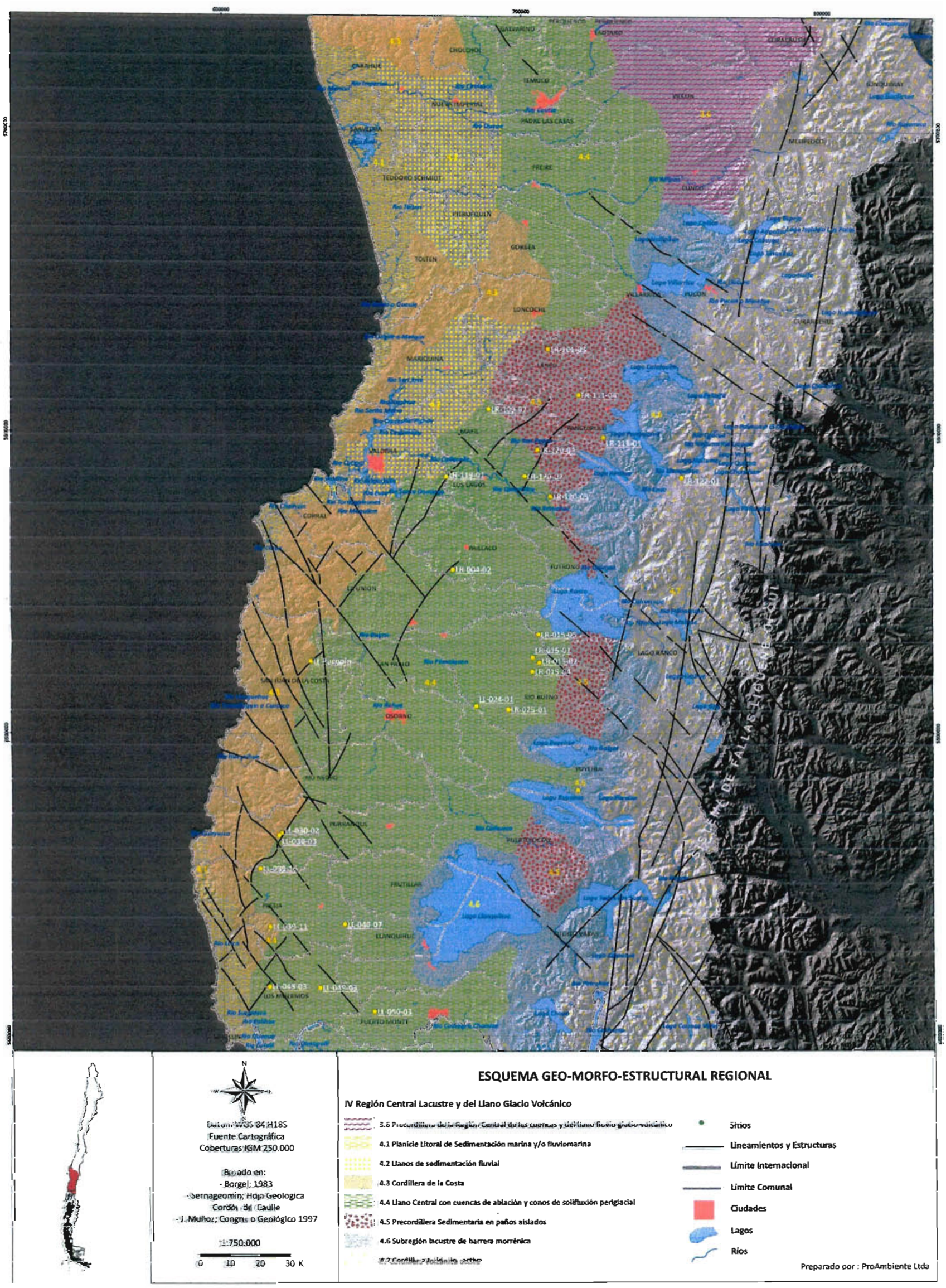
**Lacustre de barrera Morrénica (4.6):** Se extiende desde los lagos Colico y Caburga por el norte hasta el Llanquihue y Chapo por el sur. Constituye una franja Norte Sur estimada en unos 340 kms. lineales, cuya fisonomía corresponde a un conjunto de depresiones encadenadas con otras pequeñas cuencas, 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).

**La Cordillera Principal (Volcánica Activa) (4.7):** el dominio plutónico volcánico de la cordillera principal abarca - en un eje longitudinal NS – aproximadamente 350 kms y de 40 km E-W. La cordillera volcánica activa se extiende entre el volcán Llaima por el norte y el volcán Hornopirén por el sur. Esta unidad morfoestructural, se presenta más deprimida comparativamente que el segmento septentrional. Las mayores alturas las alcanzan los conos volcánicos. y se presenta fuertemente erosionada por la actividad glacial. Hacia el sur, fuera del área de estudio, recupera altura superando los

2.000 m.s.n.m. donde se distinguen las Cordilleras Patagónica y la Oriental. En esta unidad se proyecta el emplazamiento de un embalse en la comuna de Panguipulli (LR-122-01).

ProAmbiente Ltda. mmxxgarrido@gmail.com 6320654 65779287

## 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 laháricos 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 |
|---|---|---|---|---|---|
| LR-122-01 | PUNAHUE | 5585075 | 753350 | 299 | PANGUIPULLI |
| LR-015-01 | QDA HONDA | 5525350 | 703600 | 242 | RIO BUENO |
| LR-015-02 | CURRALEIFU | 5523700 | 705750 | 250 | RIO BUENO |
| LR-015-04 | CHAICHAGUEN | 5520700 | 703500 | 200 | RIO BUENO |
| LR-015-05 | IGNAO | 5533100 | 705525 | | RIO BUENO |
| LR-025-01 | CHIRRE | 5508050 | 695400 | 162 | RIO BUENO |
| LR-101-03 | PUQUIÑE | 5627696 | 708736 | 141 | LANCO |
| LR-109-02 | IÑAQUE | 5607800 | 688825 | 43 | MAFIL |
| LR-111-01 | MAÑIO | 5598400 | 727025 | 359 | PANGUIPULLI |
| LR-111-04 | CORELTUE | 5612584 | 718886 | 210 | PANGUIPULLI |
| LR-119-01 | PIEDRAS NEGRAS | 5585350 | 674950 | 46 | VALDIVIA |
| LR-120-01 | EL MOLINO | 5594300 | 705050 | 231 | LOS LAGOS |
| LR-120-02 | LLELEUFU | 5585550 | 701150 | 156 | LOS LAGOS |
| LR-120-05 | NALCAHUE | 5578875 | 709625 | 149 | LOS LAGOS |
| LR-122-01 | PUNAHUE | 5585075 | 753350 | 299 | PANGUIPULLI |

# ANEXO 4-2

# RECURSOS HÍDRICOS

# ANEXO 4-2
# CARACTERIZACIÓN RECURSOS HÍDRICOS
# ÍNDICE


| Capítulo | Descripción | Página |
|---|---|---|
| 1. | **ASPECTOS METODOLOGICOS** | 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 |
| 2.1.1. | 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 | 12 |
| 3.4.1. | Introducción | 12 |
| 3.4.2. | Método Relación Precipitación - Escorrentía | 13 |
| 3.4.2.1. | Fórmula de Grunsky | 13 |
| 3.4.2.2. | Fórmula de Peñuelas | 13 |
| 3.4.2.3. | Fórmula de Coutagne | 13 |
| 3.4.2.4. | Fórmula de Turc | 14 |
| 3.4.3. | Trasposición de caudales | 15 |
| 3.4.4. | Resultados Generación de Caudales | 15 |
| 4. | **CRECIDAS** | 17 |
| 4.1. | INTRODUCCIÓN | 17 |
| 4.1.1. | Método Racional | 18 |
| 4.1.2. | Método de Verni King | 18 |
| 4.1.3. | Método DGA-AC | 18 |
| 4.2. | CAUDALES GENERADOS | 19 |



*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


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

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

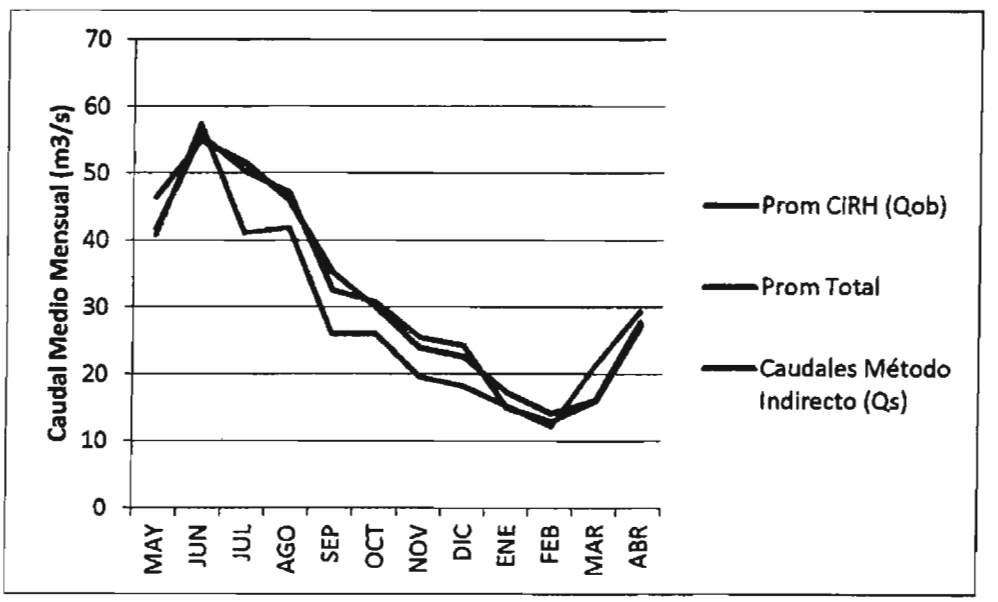
**CUADRO 2.2.1-1**
**FACTOR DE CORRECCIÓN $F_Q$ PARA $Q_S$ EN ESTACIÓN RÍO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE**

| 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


*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*

### 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

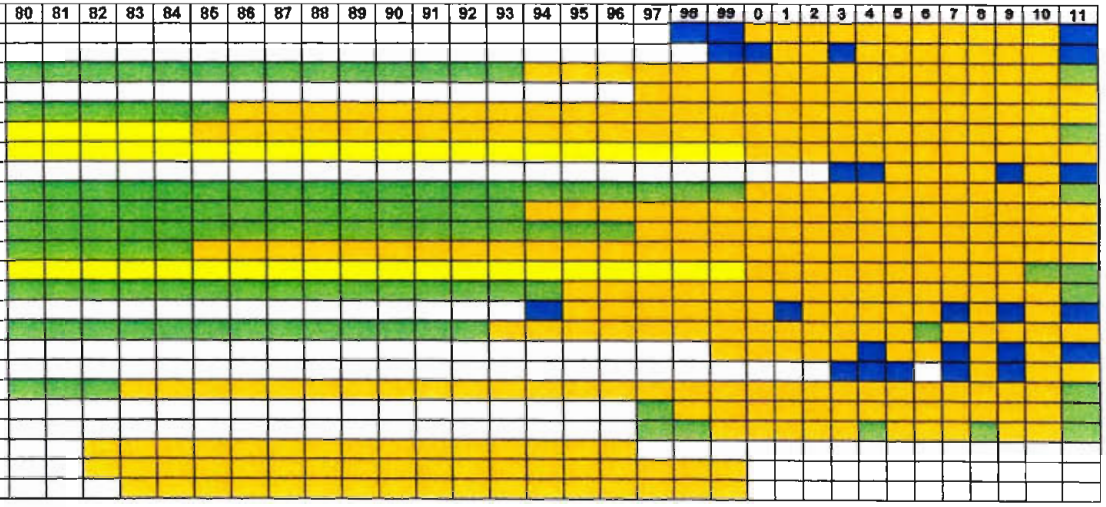
En el Cuadro 2.3-1 y 2.3-2 se presenta un resumen de del relleno y extensión de datos pluviométricos y fluviométricos.


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

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

# 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 JOSE MARIQUINA | 1999 | 2011 | EST. LLANCAHUE | CL |
| HUICHACO | 1994 | 2011 | EST. SAN JOSE 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 | 1994 | 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 | | |
| REUMEN (AC) | 1958 | 1999 | | |
| RIO 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*

## CUADRO 2.3-2
## RESUMEN RELLENO Y EXTENSIÓN DATOS FLUVIOMÉTRICOS

| Nº | ESTACIONES FLUVIOMÉTRICAS | | | EXTENDIDO CON | MÉTODO |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | RIO FUI EN DESAGÜE LAGO PIRIHUEICO | 1926 | 2011 | | |
| 2 | RIO HUAHUM EN LA FRONTERA | 2002 | 2011 | | |
| 3 | RIO LIQUINE EN LIQUINE | 1986 | 2011 | Liquiñe | ExtQobPp |
| 4 | RIO SAN PEDRO EN DESAGUE LAGO RINIHUE | 1929 | 2011 | | |
| 5 | RIO COLLILEUFU EN LOS LAGOS | 1987 | 2011 | | |
| 6 | RIO CALLE CALLE EN BALSA SAN JAVIER | 1987 | 2008 | | |
| 7 | RIO CALLE CALLE EN PUPUNAHUE | 2007 | 2011 | | |
| 8 | RIO CRUCES EN RUCACO | 1969 | 2011 | | |
| 9 | RIO INAQUE EN MAFIL | 1928 | 2011 | Huichaco | ExtQobPp |
| 10 | RIO SANTO DOMINGO EN RINCONADA DE PIEDRA | 1992 | 2011 | | |
| 11 | RIO FUTA EN TRES CHIFLONES | 2002 | 2011 | | |
| 12 | RIO CALCURRUPE EN DESEMBOCADURA | 1986 | 2011 | | |
| 13 | RIO CAUNAHUE CAMINO A LLIFEN | 1997 | 2011 | | |
| 14 | RIO NILAHUE EN MAYAY | 1987 | 2011 | Rupanco | ExtQobPp |
| 15 | RIO BUENO EN BUENO | 1926 | 2011 | | |
| 16 | RIO GOL GOL EN PUENTE Nº 2 | 2009 | 2011 | | |
| 17 | RIO CHIRRE ANTES JUNTA RIO PILMAIQUEN | 2001 | 2011 | | |
| 18 | RIO COIHUECO ANTES JUNTA PICHICOPE | 1987 | 2011 | Rupanco | ExtQobPp |
| 19 | RIO COIHUECO ANTES JUNTA RIO RAHUE | 2008 | 2011 | Rupanco y Est. Flu. Nº 18 | TAPp |
| 20 | RIO DAMAS EN TACAMO | 1986 | 2011 | | |
| 21 | RIO FORRAHUE EN AROMOS | 1991 | 2011 | | |
| 22 | RIO RAHUE EN FORRAHUE | 1986 | 2011 | | |
| 23 | RIO HUEYUSCA EN CAMARONES | 2001 | 2011 | Rupanco | ExtQobPp |
| 24 | RIO PILMAIQUEN EN SAN PABLO | 1929 | 2011 | | |
| 25 | RIO RAHUE EN DESAGUE LAGO RUPANCO | 1986 | 2011 | Rupanco | ExtQobPp |
| 26 | RIO RAHUE ANTES JUNTA RIO NEGRO | 2008 | 2011 | Rupanco y Est. Flu. Nº 19 y 25 | TAPp+Q |
| 27 | RIO RAHUE EN CHAN CHAN | 2008 | 2011 | | |
| 28 | RIO TORO EN TEGUALDA | 2000 | 2011 | | |
| 29 | RIO NEGRO EN CHAHUILCO | 1986 | 2011 | | |
| 30 | RIO TRANALLAGUIN EN CARRICO | 2000 | 2011 | | |
| 31 | RIO LA PLATA ANTES JUNTA RIO HUEYUSCA | 2008 | 2011 | | |
| 32 | RIO NEGRO EN LAS LOMAS | 1989 | 2011 | | |
| 33 | RIO MAULLIN EN LAS QUEMAS | 1995 | 2011 | | |
| 34 | RIO BLANCO ANTE JUNTA RIO CHAMIZA | 2002 | 2011 | | |
| 35 | RIO LENCA BAJO BOCATOMA | 2002 | 2011 | | |
| 36 | RIO CHAMIZA ANTE JUNTA RIO CHICO | 2008 | 2011 | | |
| 37 | RIO CHICO ANTE RIO CHAMIZA | 2003 | 2011 | | |
| 38 | CAPTACION LENCA | 2002 | 2011 | | |
| 39 | RIO MANSO ANTES JUNTA RIO PUELO | 2001 | 2011 | | |
| 40 | RIO PUELO ANTES JUNTA CON MANSO | 2001 | 2011 | | |
| 41 | RIO PUELO EN DESAGUE LAGO TAGUA TAGUA | 2002 | 2011 | | |
| 42 | RIO PUELO EN CARRERA BASILIO | 2003 | 2011 | | |

| | |
|---|---|
| | Años completos |
| | Años con meses sin dato |
| | Años con meses extendidos, corregidos o rellenados |

**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. 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** |
| LR-004-03 | Catamutun | LR-004-02 | Catamutun |
| LR-004-05 | Llolly | LR-015-01 | Lago Ranco |
| LR-005-01 | Llolly | LR-015-02 | Lago Ranco |
| LR-005-02 | Llolly | LR-015-04 | Lago Ranco |
| LR-006-01 | Llolly | LR-015-05 | Lago Ranco |
| LR-007-02 | Lago Mahihue | LR-025-01 | Lago Ranco |
| LR-014-02 | Llolly | LR-101-03 | San José de Mariquina |
| LR-015-03 | Lago Ranco | LR-109-02 | Huichaco |
| LR-016-01 | Lago Ranco | LR-111-01 | Lago Riñihue |
| LR-017-02 | Lago Maihue | LR-111-04 | Lago Riñihue |
| LR-100-01 | San José de Marquina | LR-119-01 | Llancahue |
| LR-109-01 | San José de Mariquina | LR-120-01 | Lago Riñihue |
| LR-110-02 | Lago Calafquén | LR-120-02 | Lago Riñihue |
| LR-110-03 | San José de Mariquina | LR-120-05 | Lago Riñihue |
| LR-111-03 | Lago Calafquén | LR-122-01 | Liquiñe |
| LR-112-01 | Liquiñe | - | - |
| LR-113-01 | Liquiñe | - | - |
| LR-120-04 | Lago Riñihue | - | - |

**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.


*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
## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Catamutun | 280 | 338 | 245 | 265 | 130 | 87 | 96 | 53 | 49 | 45 | 85 | 129 | 1.804 |
| Huichaco | 221 | 301 | 235 | 221 | 151 | 97 | 113 | 63 | 60 | 57 | 82 | 123 | 1.724 |
| Lago Calafquén | 283 | 375 | 275 | 244 | 148 | 148 | 113 | 96 | 70 | 56 | 97 | 149 | 2.055 |
| Lago Mahihue | 428 | 465 | 381 | 342 | 212 | 242 | 196 | 134 | 129 | 110 | 166 | 254 | 3.060 |
| Lago Maihue | 397 | 430 | 348 | 311 | 190 | 225 | 185 | 128 | 115 | 96 | 152 | 244 | 2.822 |
| Lago Ranco | 246 | 316 | 255 | 233 | 151 | 152 | 118 | 90 | 70 | 58 | 116 | 161 | 1.967 |
| Lago Riñihue | 313 | 396 | 326 | 292 | 174 | 158 | 120 | 95 | 67 | 54 | 107 | 178 | 2.278 |
| Liquiñe | 378 | 510 | 398 | 312 | 190 | 171 | 133 | 103 | 87 | 65 | 113 | 182 | 2.643 |
| Llancahue | 282 | 350 | 283 | 252 | 152 | 128 | 91 | 68 | 57 | 45 | 83 | 150 | 1942 |
| Llolly | 246 | 308 | 221 | 229 | 122 | 94 | 104 | 59 | 61 | 54 | 89 | 126 | 1.714 |
| San José de Mariquina | 212 | 271 | 200 | 187 | 115 | 93 | 72 | 56 | 44 | 33 | 63 | 108 | 1.454 |

**Fuente:** Elaboración propia

## 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 |
|---|---|---|---|---|
| LR-004-02 | 1.804 | 1.674 | 1,078 | Catamutun |
| LR-004-03 | 1.711 | 1.604 | 1,125 | Catamutun |
| LR-004-05 | 1.711 | 1.615 | 1,061 | Llolly |
| LR-005-01 | 1.711 | 1.703 | 1,006 | Llolly |
| LR-005-02 | 1.711 | 2.333 | 0,735 | Llolly |
| LR-006-01 | 1.711 | 3.160 | 0,542 | Llolly |
| LR-007-02 | 1.711 | 3.976 | 0,770 | Lago Mahihue |


*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**
**FACTORES DE TRASPOSICIÓN SITIOS DE INTERÉS**

| Código Sitio | P Estación (mm) | P Sitio (mm) | Factor transposición | Estación Base |
|---|---|---|---|---|
| LR-014-02 | 1.711 | 1.500 | 1,143 | Lfolly |
| LR-015-01 | 1.711 | 1.773 | 1,110 | Lago Ranco |
| LR-015-02 | 1.711 | 2.427 | 0,810 | Lago Ranco |
| LR-015-03 | 1.711 | 2.224 | 0,885 | Lago Ranco |
| LR-015-04 | 1.711 | 2.660 | 0,739 | Lago Ranco |
| LR-015-05 | 1.711 | 2.164 | 0,909 | Lago Ranco |
| LR-016-01 | 1.711 | 2.894 | 0,680 | Lago Ranco |
| LR-017-02 | 1.711 | 4.231 | 0,667 | Lago Maihue |
| LR-025-01 | 1.711 | 2.764 | 0,712 | Lago Ranco |
| LR-100-01 | 1.711 | 1.410 | 1,031 | San José de Mariquina |
| LR-101-03 | 1.711 | 1.769 | 0,822 | San José de Mariquina |
| LR-109-01 | 1.711 | 1.562 | 0,931 | San José de Mariquina |
| LR-109-02 | 1.711 | 2.200 | 0,784 | Huichaco |
| LR-110-02 | 1.711 | 2.119 | 0,970 | Lago Calafquén |
| LR-110-03 | 1.711 | 1.816 | 0,800 | San José de Mariquina |
| LR-111-01 | 1.711 | 3.241 | 0,703 | Lago Riñihue |
| LR-111-03 | 1.804 | 2.169 | 0,948 | Lago Calafquén |
| LR-111-04 | 1.804 | 2.134 | 1,068 | Lago Riñihue |
| LR-112-01 | 1.714 | 2.560 | 1,032 | Liquiñe |
| LR-113-01 | 1.714 | 4.980 | 0,531 | Liquiñe |
| LR-119-01 | 1.714 | 2.082 | 0,933 | Llancahue |
| LR-120-01 | 1.714 | 2.123 | 1,073 | Lago Riñihue |
| LR-120-02 | 3.060 | 2.198 | 1,037 | Lago Riñihue |
| LR-120-04 | 1.714 | 2.477 | 0,920 | Lago Riñihue |
| LR-120-05 | 1.967 | 3.122 | 0,730 | Lago Riñihue |
| LR-122-01 | 1.967 | 4.109 | 0,643 | Liquiñe |

**Fuente:** Elaboración propia

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LR-100-01 | 205 | 263 | 194 | 181 | 112 | 90 | 70 | 54 | 42 | 32 | 61 | 105 | 1410 |
| LR-109-01 | 227 | 291 | 215 | 201 | 124 | 100 | 78 | 60 | 47 | 36 | 68 | 116 | 1562 |


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

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LR-110-03 | 264 | 339 | 250 | 234 | 144 | 116 | 90 | 70 | 55 | 42 | 79 | 135 | 1816 |
| LR-120-04 | 340 | 430 | 354 | 317 | 189 | 172 | 130 | 104 | 73 | 58 | 116 | 194 | 2477 |
| LR-004-05 | 232 | 290 | 208 | 216 | 115 | 89 | 98 | 55 | 57 | 51 | 84 | 119 | 1615 |
| LR-005-01 | 245 | 306 | 220 | 228 | 122 | 94 | 103 | 58 | 60 | 54 | 88 | 125 | 1703 |
| LR-005-02 | 335 | 419 | 301 | 312 | 167 | 128 | 142 | 80 | 83 | 74 | 121 | 172 | 2333 |
| LR-015-03 | 279 | 358 | 288 | 264 | 171 | 172 | 133 | 102 | 79 | 66 | 131 | 182 | 2224 |
| LR-004-03 | 249 | 301 | 218 | 235 | 116 | 78 | 86 | 47 | 44 | 40 | 76 | 114 | 1604 |
| LR-017-02 | 595 | 645 | 522 | 466 | 286 | 338 | 278 | 192 | 172 | 144 | 228 | 366 | 4231 |
| LR-007-02 | 556 | 604 | 495 | 444 | 275 | 314 | 255 | 174 | 168 | 143 | 216 | 331 | 3976 |
| LR-006-01 | 454 | 568 | 408 | 423 | 226 | 174 | 192 | 108 | 112 | 100 | 164 | 232 | 3160 |
| LR-014-02 | 215 | 269 | 194 | 201 | 107 | 82 | 91 | 51 | 53 | 47 | 78 | 110 | 1500 |
| LR-016-01 | 363 | 465 | 375 | 343 | 222 | 224 | 174 | 132 | 103 | 86 | 171 | 236 | 2894 |
| LR-111-03 | 299 | 396 | 290 | 257 | 156 | 156 | 119 | 101 | 74 | 60 | 102 | 157 | 2169 |
| LR-112-01 | 366 | 494 | 386 | 303 | 184 | 165 | 129 | 100 | 84 | 63 | 110 | 177 | 2560 |
| LR-113-01 | 712 | 961 | 750 | 589 | 358 | 321 | 251 | 195 | 164 | 123 | 213 | 344 | 4980 |
| LR-101-03 | 258 | 330 | 244 | 228 | 141 | 113 | 88 | 68 | 53 | 40 | 77 | 131 | 1769 |
| LR-111-04 | 293 | 370 | 305 | 273 | 163 | 148 | 112 | 89 | 63 | 50 | 100 | 167 | 2134 |
| LR-120-01 | 291 | 369 | 304 | 272 | 162 | 147 | 111 | 89 | 62 | 50 | 100 | 166 | 2123 |
| LR-120-02 | 301 | 382 | 314 | 281 | 168 | 152 | 115 | 92 | 64 | 52 | 103 | 172 | 2198 |
| LR-120-05 | 428 | 542 | 447 | 400 | 239 | 216 | 164 | 130 | 91 | 73 | 147 | 245 | 3122 |
| LR-111-01 | 445 | 563 | 464 | 415 | 248 | 224 | 170 | 135 | 95 | 76 | 152 | 254 | 3241 |
| LR-015-01 | 222 | 285 | 230 | 210 | 136 | 137 | 106 | 81 | 63 | 53 | 104 | 145 | 1773 |
| LR-015-02 | 304 | 390 | 314 | 288 | 186 | 188 | 146 | 111 | 86 | 72 | 143 | 198 | 2427 |
| LR-015-04 | 333 | 428 | 344 | 316 | 204 | 206 | 160 | 122 | 94 | 79 | 157 | 217 | 2660 |
| LR-015-05 | 271 | 348 | 280 | 257 | 166 | 168 | 130 | 99 | 77 | 64 | 128 | 177 | 2164 |
| LR-004-02 | 260 | 314 | 227 | 246 | 121 | 81 | 89 | 50 | 46 | 42 | 79 | 119 | 1674 |
| LR-025-01 | 346 | 444 | 358 | 328 | 212 | 214 | 166 | 126 | 98 | 82 | 163 | 226 | 2764 |
| LR-119-01 | 303 | 375 | 304 | 270 | 163 | 137 | 98 | 73 | 62 | 48 | 89 | 161 | 2082 |
| LR-109-02 | 282 | 384 | 300 | 282 | 192 | 124 | 145 | 81 | 77 | 72 | 105 | 156 | 2200 |
| LR-110-02 | 292 | 387 | 284 | 251 | 153 | 153 | 117 | 99 | 73 | 58 | 100 | 154 | 2119 |
| LR-122-01 | 588 | 793 | 619 | 486 | 295 | 265 | 207 | 161 | 135 | 101 | 176 | 284 | 4109 |

**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.

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).


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

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.

#### 3.4.2.3. Fórmula de Coutagne

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

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


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

En consecuencia:

$Es = P - D = \lambda P^2$ (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< 1/8λ, se tiene que D=P, es decir no hay escorrentía. Para valores de P > 1/ 2λ, 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:

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:


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

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

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.

**CUADRO 3.4.4-1**
**TIPO DE GENERACIÓN DE CAUDALES**

| Código | Tipo Generación Caudales | Estaciones Utilizadas | |
|---|---|---|---|
| | | Pluviométricas | Fluviométricas |
| LR-004-02 | Generación Sintética P-E | Catamutun | |
| LR-004-03 | Generación Sintética P-E | Catamutun | |
| LR-004-05 | Generación Sintética P-E | Llolly | |


*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 |
| LR-005-01 | Generación Sintética P-E | Llolly | |
| LR-005-02 | Generación Sintética P-E | Llolly | |
| LR-006-01 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Llolly | Río Nilahue en Mayay |
| LR-007-02 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Lago Mahihue | Río Nilahue en Mayay |
| LR-014-02 | Generación Sintética P-E | Llolly | |
| LR-015-01 | Generación Sintética P-E | Lago Ranco | |
| LR-015-02 | Generación Sintética P-E | Lago Ranco | |
| LR-015-03 | Generación Sintética P-E | Lago Ranco | |
| LR-015-04 | Generación Sintética P-E | Lago Ranco | |
| LR-015-05 | Generación Sintética P-E | Lago Ranco | |
| LR-016-01 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Lago Ranco | Río Nilahue en Mayay |
| LR-017-02 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Lago Maihue | Río Nilahue en Mayay |
| LR-025-01 | Generación Sintética P-E | Lago Ranco | |
| LR-100-01 | Generación Sintética P-E | San José de Marquina | |
| LR-101-03 | Generación Sintética P-E | San José de Mariquina | |
| LR-109-01 | Generación Sintética P-E | San José de Mariquina | |
| LR-109-02 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Huichaco | Río Iñaque en Máfil |
| LR-110-02 | Generación Sintética P-E | Lago Calafquén | |
| LR-110-03 | Generación Sintética P-E | San José de Mariquina | |
| LR-111-01 | Generación Sintética P-E | Lago Riñihue | |
| LR-111-03 | Generación Sintética P-E | Lago Calafquén | |
| LR-111-04 | Generación Sintética P-E | Lago Riñihue | |
| LR-112-01 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Liquiñe | Río Liquine en Liquine |
| LR-113-01 | Transposición de Caudales de acuerdo a PP y A | Liquiñe | Río Liquine en Liquine |
| LR-119-01 | Generación Sintética P-E | Llancahue | |
| LR-120-01 | Generación Sintética P-E | Lago Riñihue | |
| LR-120-02 | Generación Sintética P-E | Lago Riñihue | |
| LR-120-04 | Generación Sintética P-E | Lago Riñihue | |
| LR-120-05 | Generación Sintética P-E | Lago Riñihue | |
| LR-122-01 | Generación Sintética P-E | Liquiñe | |

**Fuente:** Elaboración propia

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LR-100-01 | 1,59 | 2,17 | 1,46 | 1,41 | 0,85 | 0,71 | 0,54 | 0,40 | 0,34 | 0,24 | 0,48 | 0,80 | 0,92 |
| LR-109-01 | 1,19 | 1,63 | 1,10 | 1,06 | 0,63 | 0,53 | 0,40 | 0,30 | 0,25 | 0,18 | 0,36 | 0,60 | 0,68 |
| LR-110-03 | 3,42 | 4,83 | 3,16 | 2,79 | 1,94 | 1,56 | 1,18 | 0,89 | 0,76 | 0,51 | 1,07 | 1,82 | 2,00 |
| LR-120-04 | 0,60 | 0,84 | 0,62 | 0,52 | 0,34 | 0,31 | 0,23 | 0,18 | 0,14 | 0,10 | 0,22 | 0,35 | 0,37 |
| LR-004-05 | 3,40 | 4,69 | 2,90 | 3,02 | 1,72 | 1,33 | 1,45 | 0,78 | 0,89 | 0,69 | 1,26 | 1,78 | 1,95 |


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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LR-005-01 | 1,10 | 1,52 | 0,94 | 0,98 | 0,56 | 0,43 | 0,47 | 0,25 | 0,29 | 0,22 | 0,41 | 0,58 | 0,64 |
| LR-005-02 | 1,40 | 1,93 | 1,20 | 1,25 | 0,71 | 0,55 | 0,60 | 0,32 | 0,37 | 0,29 | 0,52 | 0,73 | 0,82 |
| LR-015-03 | 1,13 | 1,64 | 1,17 | 1,04 | 0,73 | 0,75 | 0,56 | 0,42 | 0,33 | 0,26 | 0,57 | 0,77 | 0,78 |
| LR-004-03 | 0,08 | 0,11 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,05 |
| LR-017-02 | 12,45 | 18,39 | 26,24 | 24,01 | 20,85 | 16,82 | 16,28 | 16,45 | 14,80 | 10,80 | 8,27 | 8,21 | 16,13 |
| LR-007-02 | 9,00 | 13,23 | 18,88 | 17,27 | 15,00 | 12,10 | 11,71 | 11,84 | 10,64 | 7,77 | 5,95 | 5,87 | 11,60 |
| LR-006-01 | 0,37 | 0,65 | 0,74 | 0,80 | 0,66 | 0,37 | 0,43 | 0,57 | 0,38 | 0,29 | 0,23 | 0,19 | 0,47 |
| LR-014-02 | 5,53 | 7,62 | 4,72 | 4,92 | 2,79 | 2,16 | 2,37 | 1,27 | 1,44 | 1,13 | 2,05 | 2,90 | 3,28 |
| LR-016-01 | 1,56 | 2,62 | 3,46 | 3,26 | 3,19 | 2,43 | 1,85 | 2,60 | 1,55 | 1,20 | 1,18 | 1,04 | 2,16 |
| LR-111-03 | 5,43 | 8,15 | 5,34 | 4,42 | 2,96 | 3,00 | 2,23 | 1,89 | 1,43 | 1,03 | 1,93 | 2,95 | 3,36 |
| LR-112-01 | 4,41 | 7,16 | 5,86 | 5,72 | 4,52 | 4,30 | 4,08 | 3,67 | 2,08 | 1,67 | 1,90 | 2,66 | 4,00 |
| LR-113-01 | 21,24 | 34,54 | 28,27 | 27,57 | 21,80 | 20,71 | 19,65 | 17,70 | 10,04 | 8,06 | 9,15 | 12,84 | 19,30 |
| LR-101-03 | 1,76 | 2,49 | 1,63 | 1,43 | 1,00 | 0,80 | 0,61 | 0,46 | 0,39 | 0,26 | 0,55 | 0,93 | 1,03 |
| LR-111-04 | 5,78 | 8,11 | 5,99 | 5,04 | 3,32 | 3,00 | 2,22 | 1,74 | 1,32 | 0,93 | 2,10 | 3,41 | 3,60 |
| LR-120-01 | 0,34 | 0,48 | 0,36 | 0,30 | 0,20 | 0,18 | 0,13 | 0,10 | 0,08 | 0,05 | 0,12 | 1,19 | 0,29 |
| LR-120-02 | 2,16 | 3,04 | 2,26 | 1,91 | 1,25 | 1,13 | 0,82 | 0,66 | 0,49 | 0,35 | 0,78 | 1,28 | 1,35 |
| LR-120-05 | 7,43 | 10,45 | 7,73 | 6,53 | 4,28 | 3,87 | 2,84 | 2,25 | 1,69 | 1,21 | 2,70 | 4,39 | 4,64 |
| LR-111-01 | 1,23 | 1,74 | 1,29 | 1,09 | 0,71 | 0,64 | 0,47 | 0,38 | 0,28 | 0,20 | 0,45 | 0,73 | 0,77 |
| LR-015-01 | 0,23 | 0,33 | 0,23 | 0,21 | 0,15 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,07 | 0,05 | 0,11 | 0,15 | 0,16 |
| LR-015-02 | 3,92 | 5,70 | 4,07 | 3,60 | 2,53 | 2,61 | 1,93 | 1,48 | 1,16 | 0,89 | 1,97 | 2,68 | 2,66 |
| LR-015-04 | 6,50 | 9,46 | 6,79 | 6,01 | 4,21 | 4,34 | 3,18 | 2,46 | 1,94 | 1,49 | 3,25 | 4,47 | 4,41 |
| LR-015-05 | 10,72 | 15,60 | 11,12 | 9,84 | 6,91 | 7,14 | 5,28 | 4,04 | 3,18 | 2,43 | 5,40 | 7,34 | 7,25 |
| LR-004-02 | 0,24 | 0,31 | 0,19 | 0,21 | 0,11 | 0,08 | 0,08 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,08 | 0,11 | 0,14 |
| LR-025-01 | 28,43 | 41,36 | 29,49 | 26,12 | 18,34 | 18,94 | 13,99 | 10,72 | 8,44 | 6,46 | 14,32 | 19,47 | 19,83 |
| LR-119-01 | 2,67 | 3,62 | 2,62 | 2,24 | 1,48 | 1,25 | 0,86 | 0,64 | 0,57 | 0,40 | 0,82 | 1,48 | 1,56 |
| LR-109-02 | 19,99 | 29,32 | 20,77 | 20,29 | 13,34 | 9,01 | 10,26 | 5,58 | 5,63 | 4,97 | 7,49 | 11,00 | 13,14 |
| LR-110-02 | 19,94 | 29,93 | 19,59 | 16,23 | 10,87 | 11,03 | 8,18 | 6,93 | 5,23 | 3,77 | 7,10 | 10,82 | 12,34 |
| LR-122-01 | 2,86 | 4,65 | 3,80 | 3,71 | 2,93 | 2,79 | 2,64 | 2,38 | 1,35 | 1,08 | 1,23 | 1,73 | 2,60 |

Fuente: Elaboración propia

# 4. CRECIDAS

## 4.1. INTRODUCCIÓN

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.


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

## 4.2. MÉTODOS DE CÁLCULO

### 4.2.1. 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

### 4.2.2. 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 $km^2$.

### 4.2.3. 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


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

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

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.

## 4.3. 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 4.3-1 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 4.3-1**
**CAUDALES DE CRECIDAS**

| Sitio | T=100 años | T=250 años | T=500 años | T=1.000 años | Observación |
|---|---|---|---|---|---|
| LR-004-02 | 13,4 | 0,4 | 2,6 | 2,7 | B |
| LR-015-01 | 7,3 | 10,2 | 11,7 | 15,2 | B |
| LR-015-02 | 116,3 | 162,1 | 185,0 | 240,7 | A |
| LR-015-04 | 178,4 | 248,7 | 283,9 | 369,4 | A |
| LR-015-05 | 382,4 | 533,1 | 608,5 | 791,7 | A |
| LR-025-01 | 461,5 | 643,3 | 734,2 | 955,3 | A |
| LR-101-03 | 94,6 | 131,9 | 150,5 | 195,8 | A |
| LR-109-02 | 28,7 | 40,1 | 45,7 | 59,5 | B |
| LR-111-01 | 37,9 | 52,8 | 60,2 | 78,4 | B |
| LR-119-01 | 57,1 | 79,6 | 90,9 | 118,3 | A |
| LR-120-01 | 21,6 | 30,1 | 34,4 | 44,7 | B |
| LR-120-02 | 43,7 | 60,9 | 69,5 | 95,7 | A |
| LR-120-05 | 269,6 | 375,0 | 428,9 | 558,0 | A |


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

# CUADRO 4.3-1
# CAUDALES DE CRECIDAS

| Sitio | T=100 años | T=250 años | T=500 años | T=1.000 años | Observación |
|---|---|---|---|---|---|
| LR-004-03 | 5,0 | 7,0 | 8,0 | 10,4 | B |
| LR-004-05 | 80,4 | 112,1 | 128,0 | 197,9 | A |
| LR-005-01 | 22,9 | 32,0 | 36,5 | 47,5 | B |
| LR-005-02 | 32,8 | 45,7 | 52,2 | 67,9 | B |
| LR-006-01 | 14,0 | 19,5 | 22,2 | 28,9 | B |
| LR-007-02 | 152,3 | 212,3 | 242,4 | 404,5 | A |
| LR-014-02 | 345,1 | 481,0 | 549,0 | 714,3 | A |
| LR-015-03 | 28,6 | 39,9 | 45,5 | 59,2 | B |
| LR-016-01 | 43,8 | 61,1 | 69,7 | 93,6 | A |
| LR-017-02 | 454,4 | 633,5 | 723,0 | 940,7 | A |
| LR-100-01 | 54,0 | 75,3 | 85,9 | 131,2 | A |
| LR-109-01 | 43,2 | 60,3 | 68,8 | 93,5 | A |
| LR-110-02 | 578,1 | 805,8 | 919,7 | 1.229,9 | A |
| LR-110-03 | 147,7 | 205,8 | 234,9 | 305,7 | A |
| LR-111-03 | 110,1 | 153,5 | 179,0 | 319,6 | A |
| LR-112-01 | 147,8 | 206,0 | 235,1 | 305,9 | A |
| LR-113-01 | 38,6 | 53,8 | 61,5 | 80,0 | B |
| LR-120-04 | 27,9 | 38,8 | 44,3 | 57,7 | B |

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 cuantitativos del análisis se presentan en el Cuadro 3-1, mientras que la delimitación del área geográfica de riego potencial se adjunta en formato kml a este anexo.

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

| Captaciones | | Embalses | |
|---|---|---|---|
| Sitio | Superficie | Sitio | Superficie |
| LR-004-03 | 88 | LR-004-02 | 1.423 |
| LR-004-05 | 3.708 | LR-15-01 | 8.247 |
| LR-005-01 | 2.461 | LR-15-02 | 7.299 |
| LR-005-02 | 794 | LR-15-04 | 25.050 |
| LR 006-01 | 1.406 | LR-15-05 | 5.526 |
| LR-007-02 | 621 | LR-25-01 | 15.784 |
| LR-014-02 | 2.095 | LR-101-01 | 3.429 |
| LR-015-03 | 579 | LR-101-03 | 33.418 |
| LR-016-01 | 170 | LR-109-02 | 4.558 |
| LR-017-02 | 2.002 | LR-111-01 | 2.455 |
| LR-100-01 | 565 | LR-111-04 | 3.991 |
| LR-109-01 | 2.352 | LR-119-01 | 836 |
| LR-110-02 | 641 | LR-120-01 | 3.053 |
| LR-110-03 | 705 | LR-120-02 | 3.487 |
| LR-111-03 | 844 | LR-120-05 | 5.198 |
| LR-112-01 | 24 | LR-122-01 | 411 |
| LR-113-01 | 26 | - | - |
| LR-120-04 | 708 | - | - |

**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 AGUAS ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA** | 5 |
| 3.1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 3.2. | EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL Y REAL | 5 |
| 3.3. | DEMANDA NETA DE AGUA DE RIEGO | 8 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 9 |
| 3.5. | TASAS DE RIEGO | 10 |
| 4. | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | 12 |
| 4.1. | MÁRGENES UNITARIOS | 12 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 15 |
| 4.2.1. | Generalidades | 15 |
| 4.2.2. | Costos Agroeconómicos | 15 |
| 4.2.2.1. | Costos Indirectos | 15 |
| 4.2.2.2. | Puesta en Riego | 16 |
| 4.2.2.3. | Programa de Asistencia Técnica | 17 |



*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**

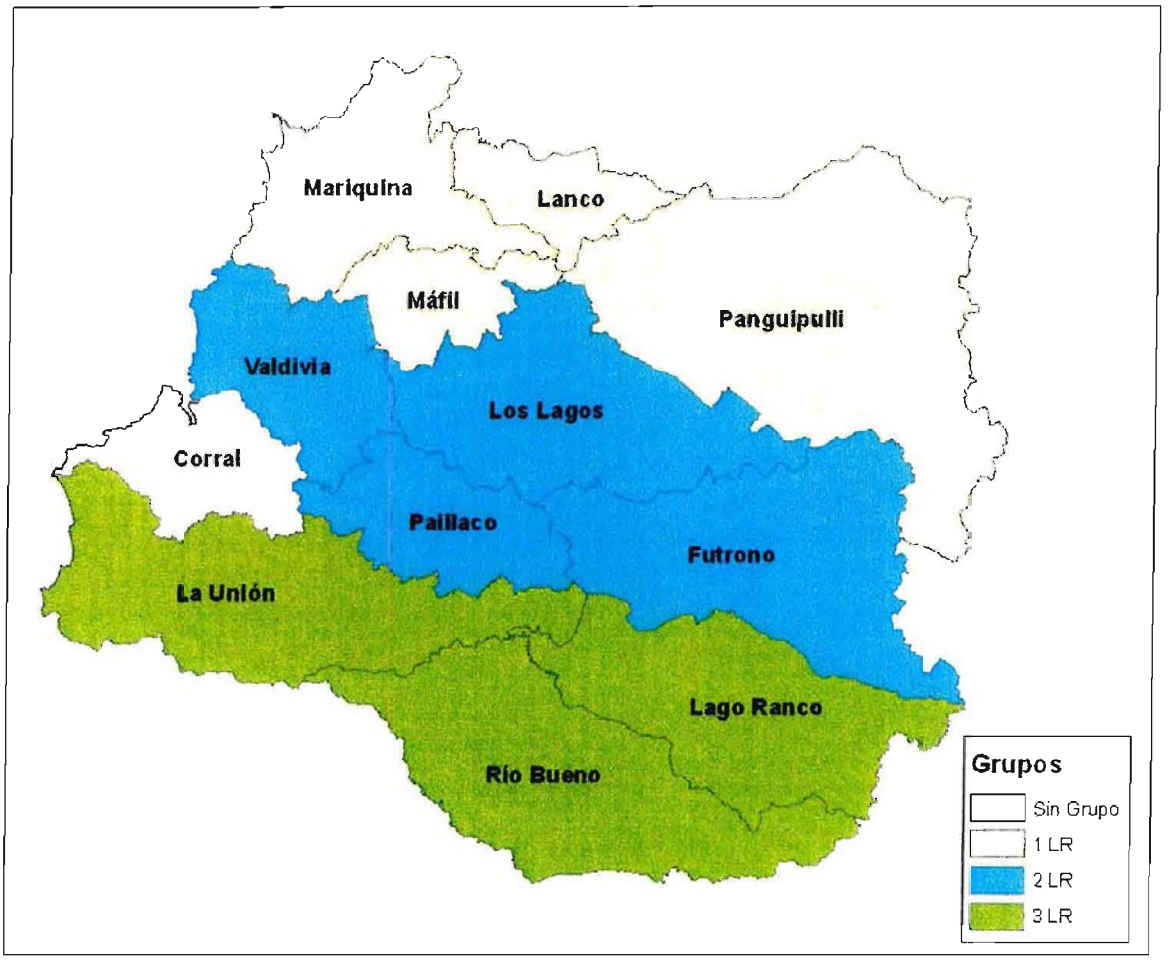
| Grupo | Comuna | N° de Proyectos |
|---|---|---|
| 1 LR | Panguipulli | 6 |
| | Lanco | 4 |
| | Mariquina | 2 |
| | Mafil | 1 |
| 2 LR | Los Lagos | 4 |
| | Futrono | 3 |
| | Paillaco | 3 |
| | Valdivia | 1 |
| 3 LR | Río Bueno | 6 |
| | La Unión | 2 |
| | Lago Ranco | 2 |

**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 LR: Panguipulli.
- Grupo 2 LR: Los Lagos.
- Grupo 3 LR: Río Bueno.


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

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 LR (Panguipulli) | 2 LR (Los Lagos) | 3 LR (Río Bueno) |
|---|---|---|---|
| **RIEGO** | | | |
| Frutales y viveros | 48,9 | 6,6 | 30,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 42,0 | 82,9 | 69,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 9,1 | 10,5 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 25,5 | 55,2 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,4 | 0,2 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 0,9 | 2,1 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 72,4 | 39,4 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 0,5 | 2,9 | 2,7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** | **100,0** |
| Subtotal Riego | 0,229 | 1,241 | 0,424 |
| Subtotal Secano | 87,549 | 95,273 | 93,174 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 12,222 | 3,487 | 6,402 |
| **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, tal como se muestra en el Anexo 4-3.


*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 corresponde 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 LR (Panguipulli) | 2 LR (Los Lagos) | 3 LR (Río Bueno) |
|---|---|---|---|
| **RIEGO** | | | |
| Frutales y viveros | 50,0 | 45,0 | 55,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 38,0 | 40,0 | 45,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 12,0 | 15,0 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 25,5 | 55,2 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,4 | 0,2 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 0,9 | 2,1 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 72,4 | 39,4 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 0,5 | 2,9 | 2,7 |
| **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.

[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. DEMANDAS DE AGUA ACTUALES PARA USO AGRÍCOLA

## 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 3.2-1 muestra los valores mensuales en mm.

**CUADRO 3.2-1**
**EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes)**

| Grupo - Distrito | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 LR - 7.8122 | 67,0 | 39,0 | 29,0 | 35,0 | 56,0 | 62,0 | 107,0 | 104,0 | 189,0 | 183,0 | 171,0 | 99,0 | 1.141,0 |
| 2 LR - 7.244 | 40,0 | 21,0 | 18,0 | 37,0 | 64,0 | 88,0 | 119,0 | 121,0 | 185,0 | 162,0 | 131,0 | 79,0 | 1.065,0 |
| 3 LR - 7.8121 | 45,0 | 27,0 | 25,0 | 36,0 | 54,0 | 75,0 | 94,0 | 121,0 | 141,0 | 131,0 | 107,0 | 77,0 | 933,0 |

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

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.


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

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **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


*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*

## CUADRO 3.1-3
## EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL (mm/mes)

| Grupo - Distrito | CULTIVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 - 7.8122 | Frutales y viveros | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,8 | 34,1 | 85,6 | 109,2 | 198,5 | 142,7 | 85,5 | 0,0 | 67 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 63,7 | 37,1 | 27,6 | 33,3 | 53,2 | 58,9 | 101,7 | 98,8 | 179,6 | 173,9 | 162,5 | 94,1 | 1.0 |
| | Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,6 | 44,9 | 104,0 | 211,7 | 179,3 | 126,5 | 0,0 | 69 |
| 2 - 7.244 | Frutales y viveros | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 48,4 | 95,2 | 127,1 | 194,3 | 126,4 | 65,5 | 0,0 | 67 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 38,0 | 20,0 | 17,1 | 35,2 | 60,8 | 83,6 | 113,1 | 115,0 | 175,8 | 153,9 | 124,5 | 75,1 | 1.0 |
| | Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,4 | 50,0 | 121,0 | 207,2 | 158,8 | 96,9 | 0,0 | 66 |
| 3 - 7.8121 | Frutales y viveros | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,2 | 41,3 | 75,2 | 127,1 | 148,1 | 102,2 | 53,5 | 0,0 | 56 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 42,8 | 25,7 | 23,8 | 34,2 | 51,3 | 71,3 | 89,3 | 115,0 | 134,0 | 124,5 | 101,7 | 73,2 | 88 |
| | Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 39,5 | 121,0 | 157,9 | 128,4 | 79,2 | 0,0 | 55 |

**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 3.3-1.

**CUADRO 3.3-1**
**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 LR - 7.8122 | 382,3 | 341,0 | 371,0 | 342,1 | 212,3 | 139,3 | 198,0 | 80,2 | 72,5 | 11,4 | 138,8 | 166,3 | 2.455,2 |
| 2 LR - 7.244 | 301,2 | 309,7 | 274,0 | 328,0 | 189,0 | 135,8 | 123,3 | 105,1 | 52,3 | 85,5 | 67,4 | 167,3 | 2.138,6 |
| 3 LR - 7.8121 | 356,0 | 290,0 | 323,0 | 233,0 | 167,0 | 132,0 | 111,0 | 101,0 | 71,0 | 57,0 | 73,0 | 121,0 | 2.035,0 |
| **Grupo - Distrito** | **Precipitación Efectiva (mm)** | | | | | | | | | | | | |
| | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR | Total |
| 1 LR - 7.8122 | 95,0 | 115,0 | 101,0 | 115,0 | 132,0 | 109,0 | 129,0 | 73,0 | 67,0 | 12,0 | 108,0 | 120,0 | 1.176,0 |
| 2 LR - 7.244 | 128,0 | 126,0 | 133,0 | 120,0 | 127,0 | 107,0 | 100,0 | 90,0 | 51,0 | 77,0 | 63,0 | 120,0 | 1.242,0 |
| 3 LR - 7.8121 | 109,0 | 131,0 | 122,0 | 134,0 | 120,0 | 105,0 | 93,0 | 87,0 | 66,0 | 54,0 | 67,0 | 99,0 | 1.187,0 |

**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:

$$Dn = ETr - Pef$$


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

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)**

| Grupo - Distrito | CULTIVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 LR - 7.8122 | Frutales y viveros | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 36,2 | 131,5 | 130,7 | 0,0 | 0,0 | 298,4 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,8 | 112,6 | 161,9 | 54,5 | 0,0 | 354,8 |
| | Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 144,7 | 167,3 | 18,5 | 0,0 | 361,5 |
| 2 LR - 7.244 | Frutales y viveros | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 37,1 | 143,3 | 49,4 | 2,5 | 0,0 | 232,3 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 25,0 | 124,8 | 76,9 | 61,5 | 0,0 | 301,3 |
| | Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 156,2 | 81,8 | 33,9 | 0,0 | 302,9 |
| 3 LR - 7.8121 | Frutales y viveros | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 40,1 | 82,1 | 48,2 | 0,0 | 0,0 | 170,4 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,0 | 68,0 | 70,5 | 34,7 | 0,0 | 201,2 |
| | Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,0 | 91,9 | 74,4 | 12,2 | 0,0 | 212,5 |

**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.

El coeficiente de eficiencia se estimó tomando como base los coeficientes contenidos en la Ley No. 18.450 (Minagri, 1985), que corresponden a valores que se


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

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 3.3-1 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).


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 3.5-1
## 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 LR - 7.8122 | Frutales y viveros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 402 | 1.461 | 1.452 | 0 | 0 | 3.315 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 344 | 1.501 | 2.159 | 727 | 0 | 4.731 |
| | Cultivos anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 689 | 3.216 | 3.718 | 411 | 0 | 8.034 |
| 2 LR - 7.244 | Frutales y viveros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 412 | 1.592 | 549 | 28 | 0 | 2.581 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 333 | 1.664 | 1.025 | 820 | 0 | 4.017 |
| | Cultivos anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 689 | 3.471 | 1.818 | 753 | 0 | 6.731 |
| 3 LR - 7.8121 | Frutales y viveros | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 446 | 912 | 536 | 0 | 0 | 1.894 |
| | Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 373 | 907 | 940 | 463 | 0 | 2.683 |
| | Cultivos anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 756 | 2.042 | 1.653 | 271 | 0 | 4.722 |

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

## CUADRO 3.5-2
## 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 LR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| 2 LR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| 3 LR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| Situación Futura Con Proyecto | | | | | | | | | | | | | |
| 1 LR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |
| 2 LR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |
| 3 LR | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

**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


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

## 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.

**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

[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*

- 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 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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.


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

### 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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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*

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

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.


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

# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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*

$$Q_{salida} = 0$$

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

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.

## 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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.**

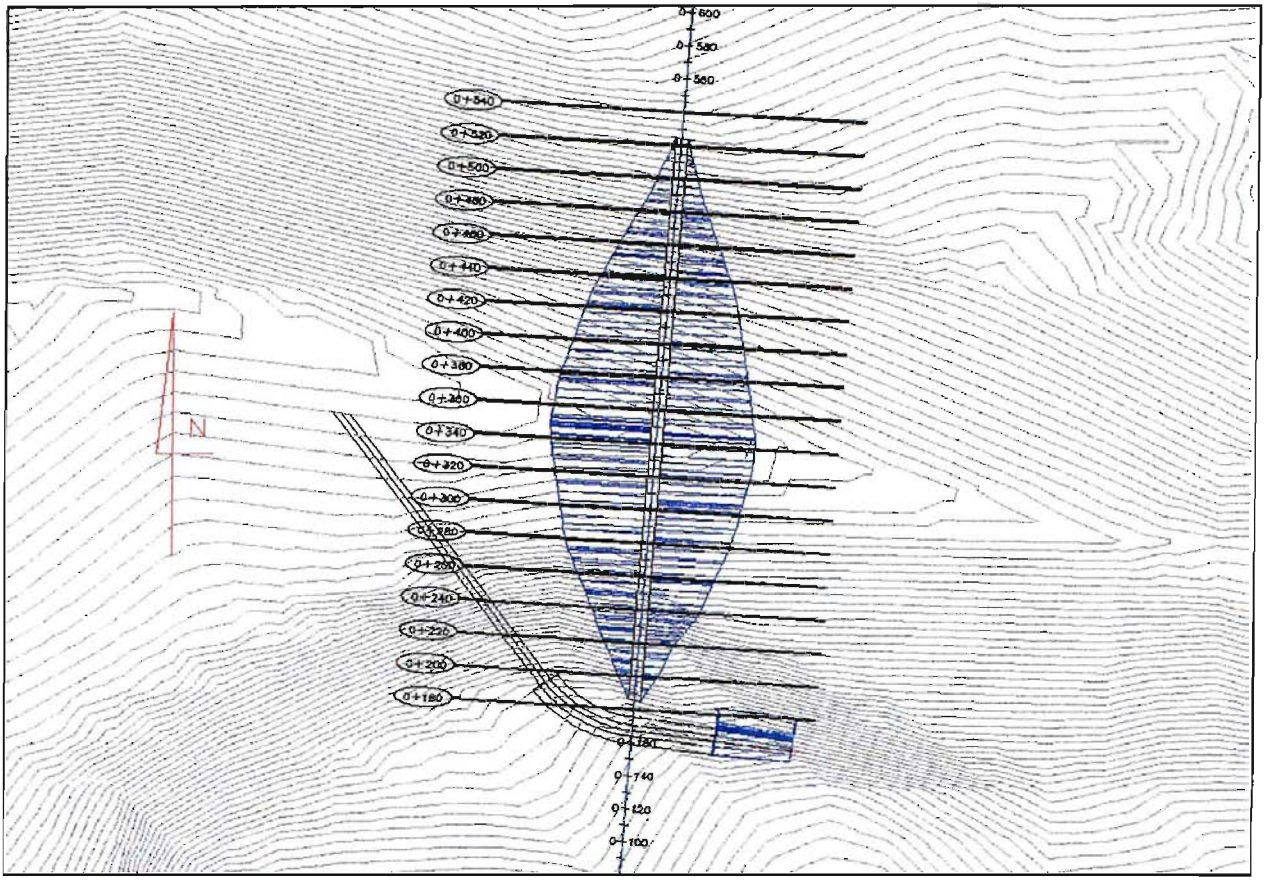
## 2. CÁLCULO UTILIZANDO MÉTODO DE ÁREAS MEDIAS

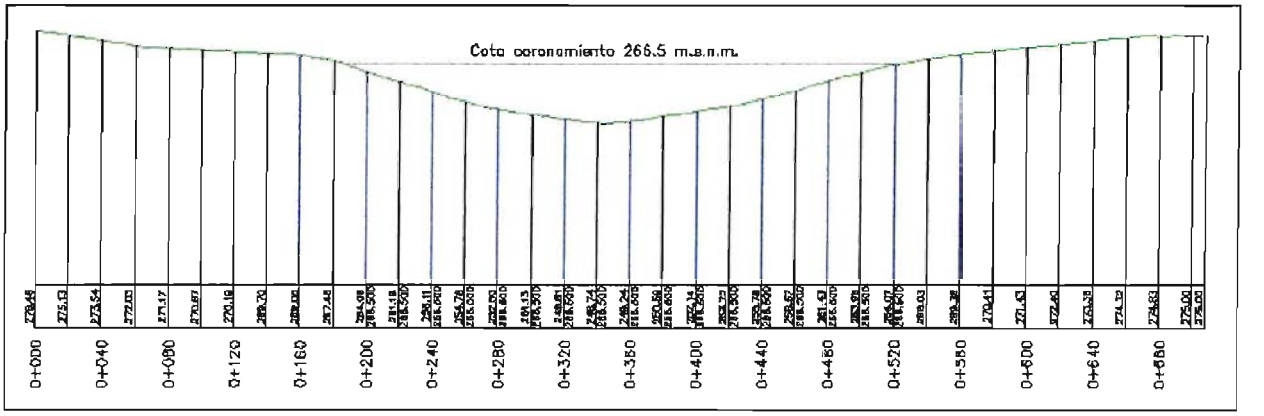
Generalmente, el cálculo de los volúmenes se realiza a partir de secciones transversales tomadas perpendicularmente a lo largo del eje central. La distancia o separación entre dos secciones consecutivas se recomienda cada 20 m, con el objeto de minimizar el error.

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.**

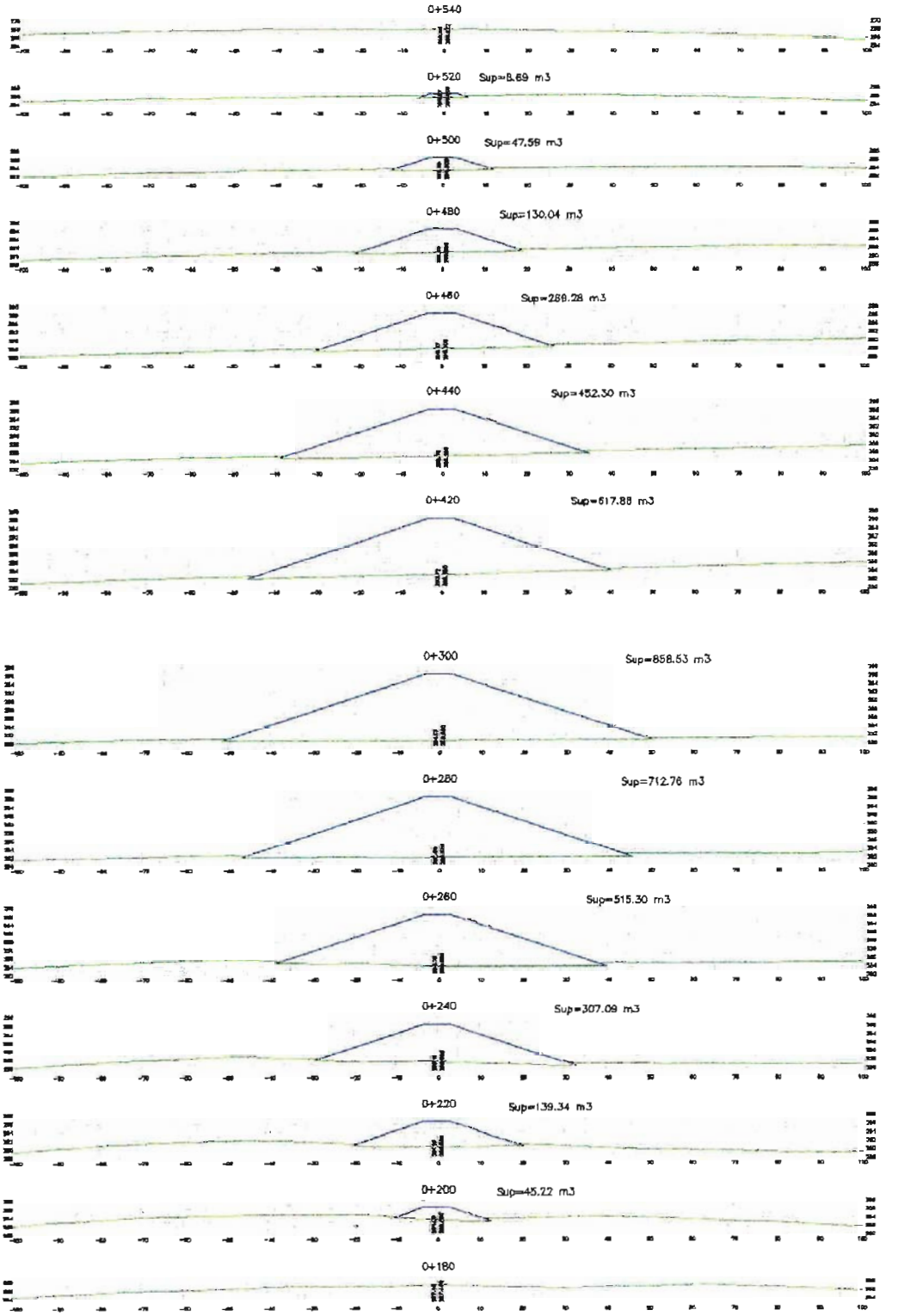



**Fuente:** Elaboración propia


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

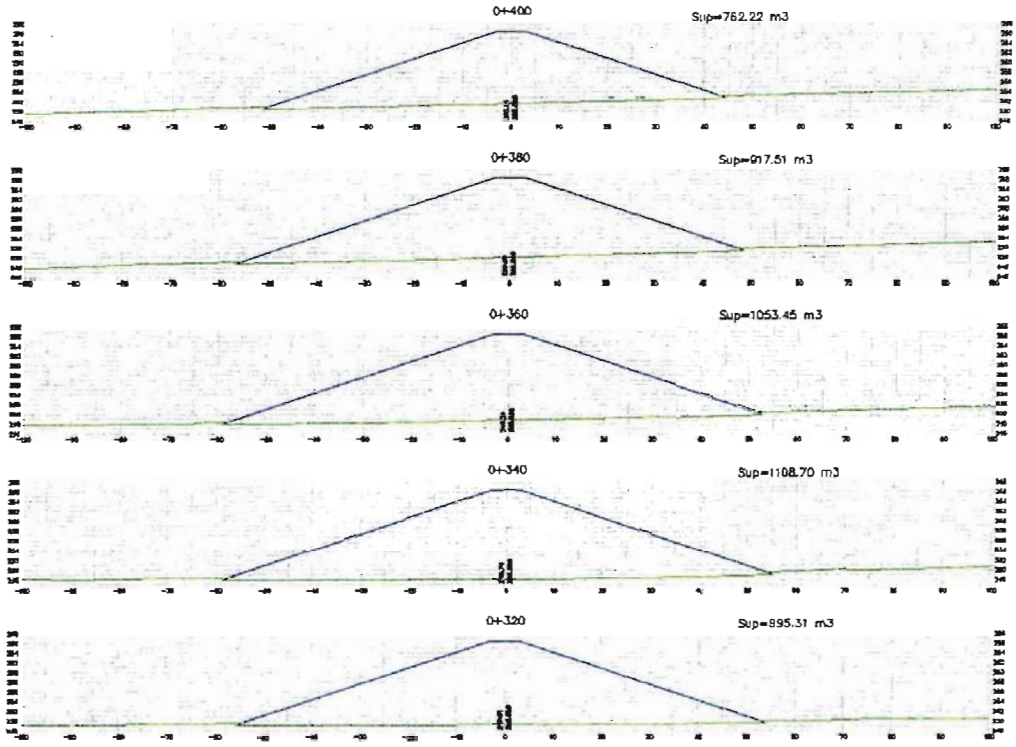
## FIGURA 2-2
## PERFILES TRANSVERSALES




**Fuente:** Elaboración propia

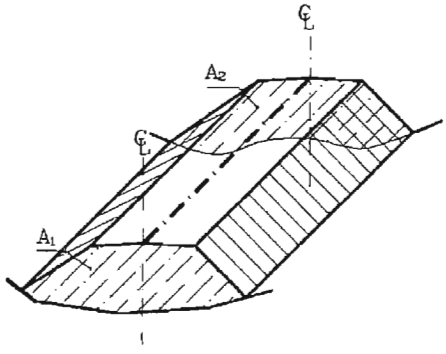

*Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl*

**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** |

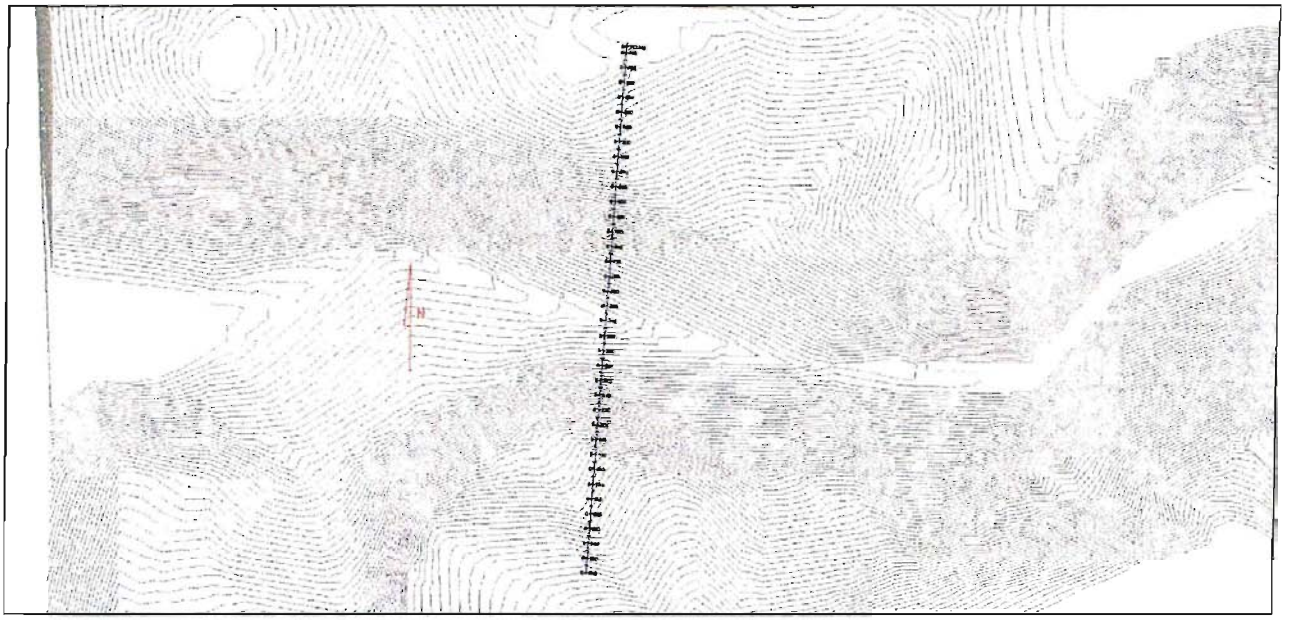
## 3. CÁLCULO AUTOMÁTICO ENTREGADO POR CIVIL 3D

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.

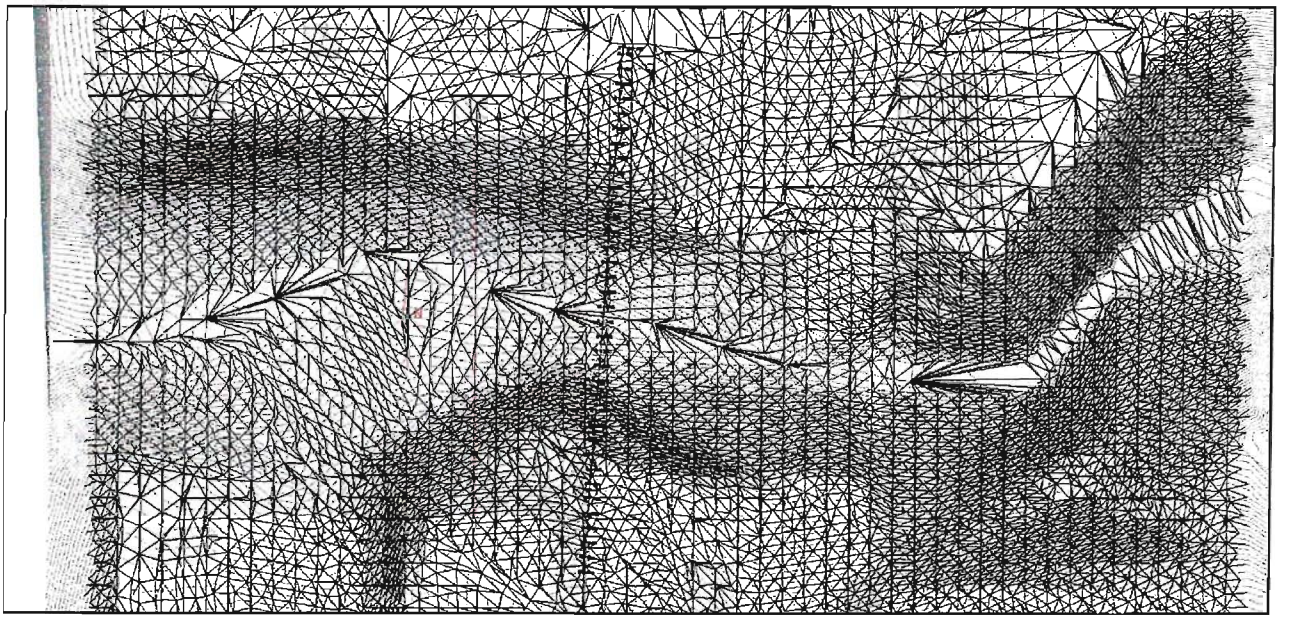

*Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl*

## FIGURA 7-1
## EJE DESPLAZAMIENTO MURO



**Fuente:** Elaboración propia usando CIVIL 3D

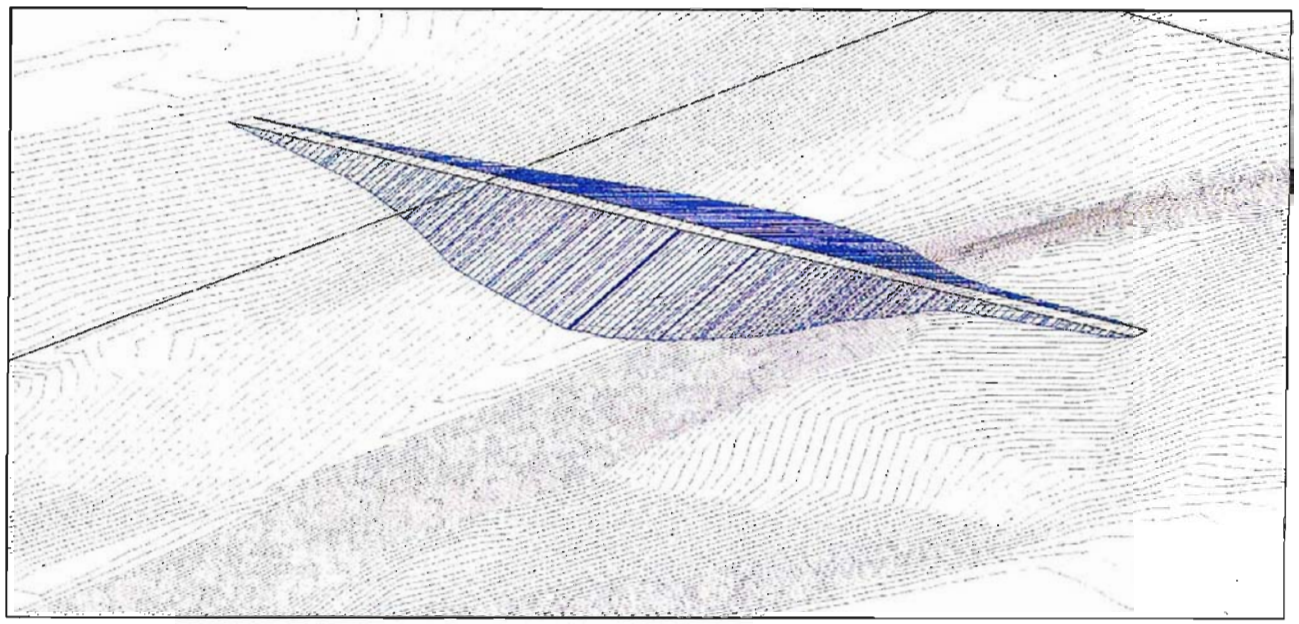
## FIGURA 7-2
## EJE DESPLAZAMIENTO MURO



**Fuente:** Elaboración propia usando CIVIL 3D

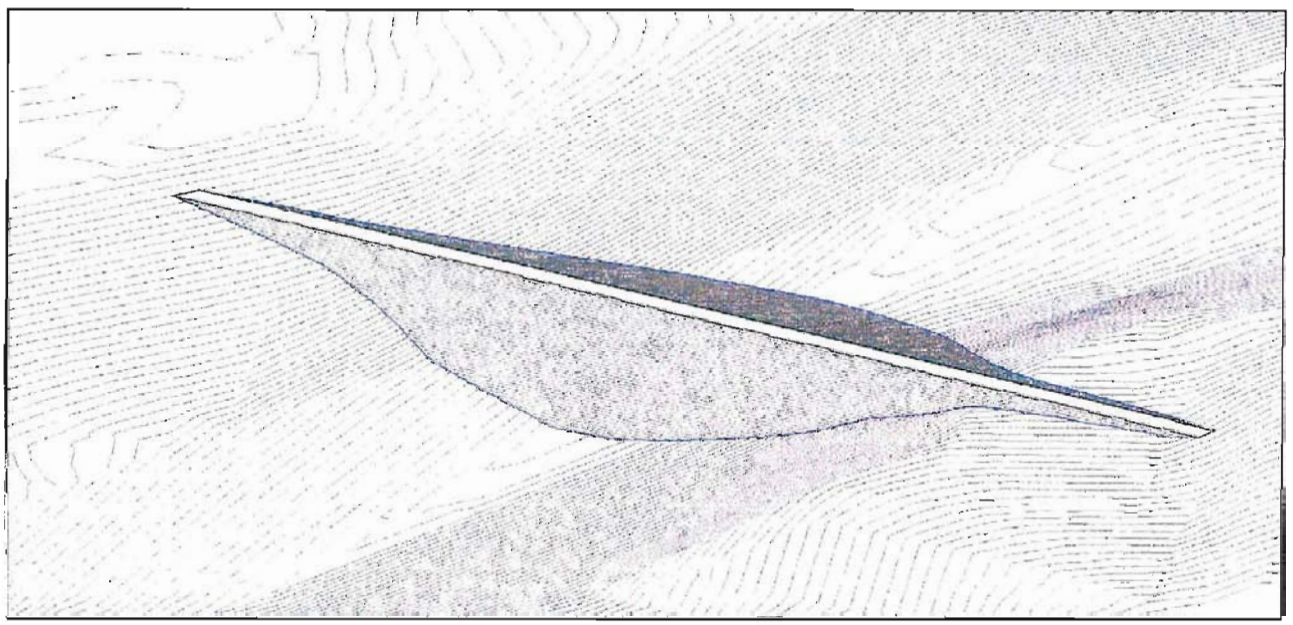

*Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail: cuenca@cuenca.cl*

**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.


*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*

# ANEXO 7-2

# PERFILES DE PROYECTOS

# PERFIL #1:

# EMBALSE EN ESTERO LLELEUFU

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN ESTERO LLELEUFÚ (LR-120-02)"

**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 | 17 |
| **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** | **26** |
| 5.1. | EMBALSE DE REGULACIÓN | 26 |
| 5.2. | SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN | 26 |
| 5.3. | MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA | 28 |
| 5.4. | EXPROPIACIONES | 28 |
| 5.5. | RESUMEN DE COSTOS | 28 |
| **6.** | **EVALUACIÓN ECONÓMICA** | **31** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 31 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 31 |
| 6.3. | BENEFICIOS | 32 |
| 6.3.1. | Beneficios Agroeconómicos | 32 |
| 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 | 44 |
| 6.5. | RESULTADOS | 44 |

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 Lleleufú**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del estero Lleleufú comuna de Los Lagos, 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 Lleleufú 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 Lleleufú".

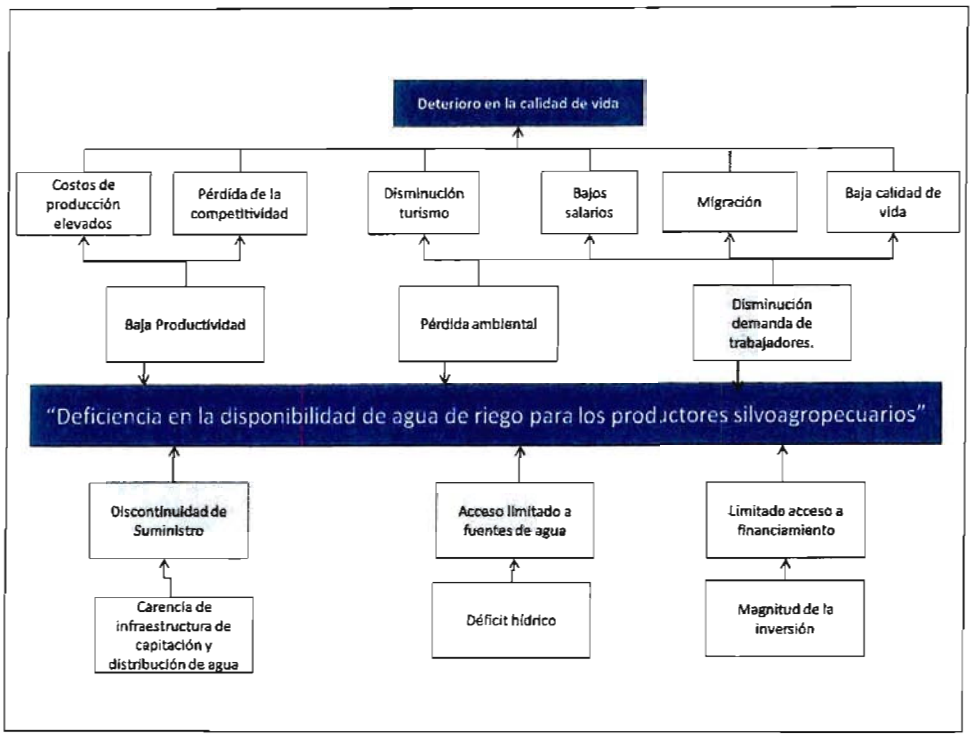
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Coreltué, a la cual pertenece este sitio, existen 3.500 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 cerca de 800 ha potenciales de frutales, 2.400 ha potenciales de praderas, y cerca de 300 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

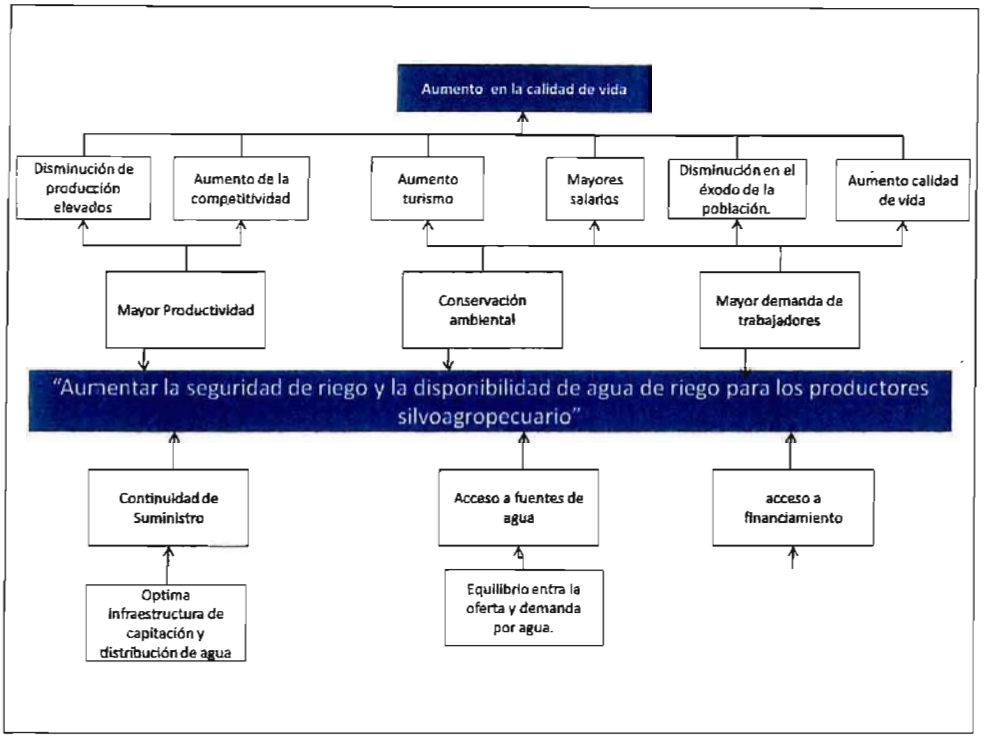



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles entrelos meses de Junio a Noviembre, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.

- Alternativa 2: 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 Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.627.441 N, 707.985 E) la que se caracteriza por poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca

perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frio, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frio, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo 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, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -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 (INIA, 1989). Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego corresponde a las localidades de Pelehue, Comunidad Rayenco, Comunidad Pangui, Comunidad Belisario Repileo, y Melefque. Actualmente posee praderas naturales, frutales, y otros cultivos. (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. 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 3.500 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 Los Lagos y está compuesta por un total de 20.168 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Los Lagos** | 20.168 | 51% | 49% |

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

En cuanto a la composición de la población comunal, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 47% de la población vive en la ciudad y el 53% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral en el Cuadro 3.3-2 se pueden apreciar las cifras regionales, donde el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la Comuna de Los Lagos, considerando indigentes y no indigentes es de 10,96% y corresponde a 670 habitantes, como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

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

| CATEGORÍA OCUPACIONAL | ACTIVIDAD | | TOTAL |
|---|---|---|---|
| | Otras actividades de la economía | Silvoagropecuaria | |
| Ocupado | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86% | 23,14% | 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 Los Lagos | Región | País |
| Pobre Indigente | 502 | 156 | 86 | 1,41 | 5,27 | 3,44 |
| Pobre no Indigente | 1.022 | 386 | 584 | 9,55 | 11,5 | 9,3 |
| No Pobre | 3.914 | 5.029 | 5.443 | 89,04 | 83,23 | 87,26 |
| Total | 5.438 | 5.571 | 6.113 | 100 | 100 | 100 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, y 2009

## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

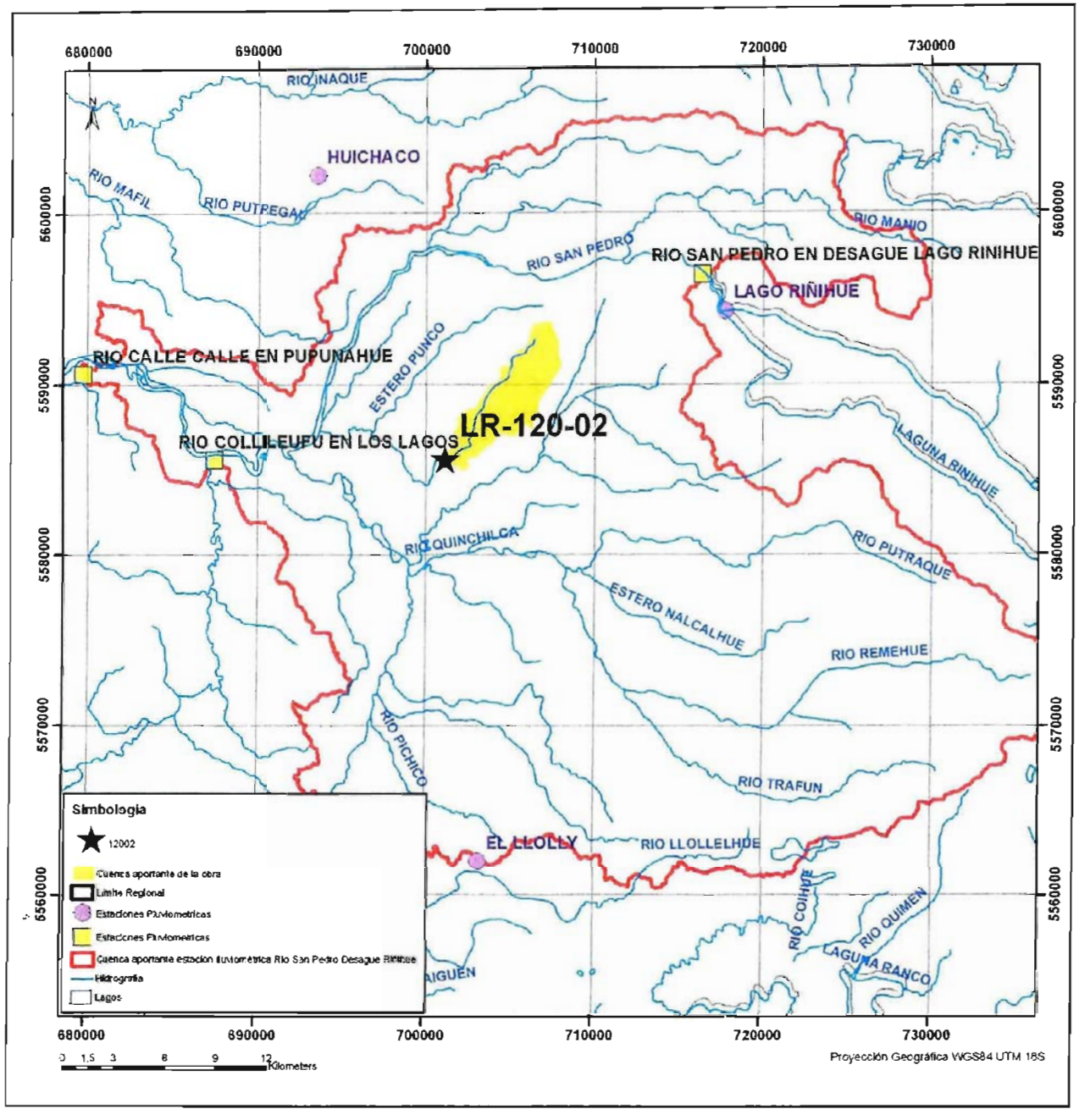
La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.200 mm y un caudal medio de 1,4m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Riñihue. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca. Por otra parte, la estación fluviométrica Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue está influenciada por el Lago Riñihue, lo que impide determinar el recurso disponible por métodos de transposición de caudales.

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.

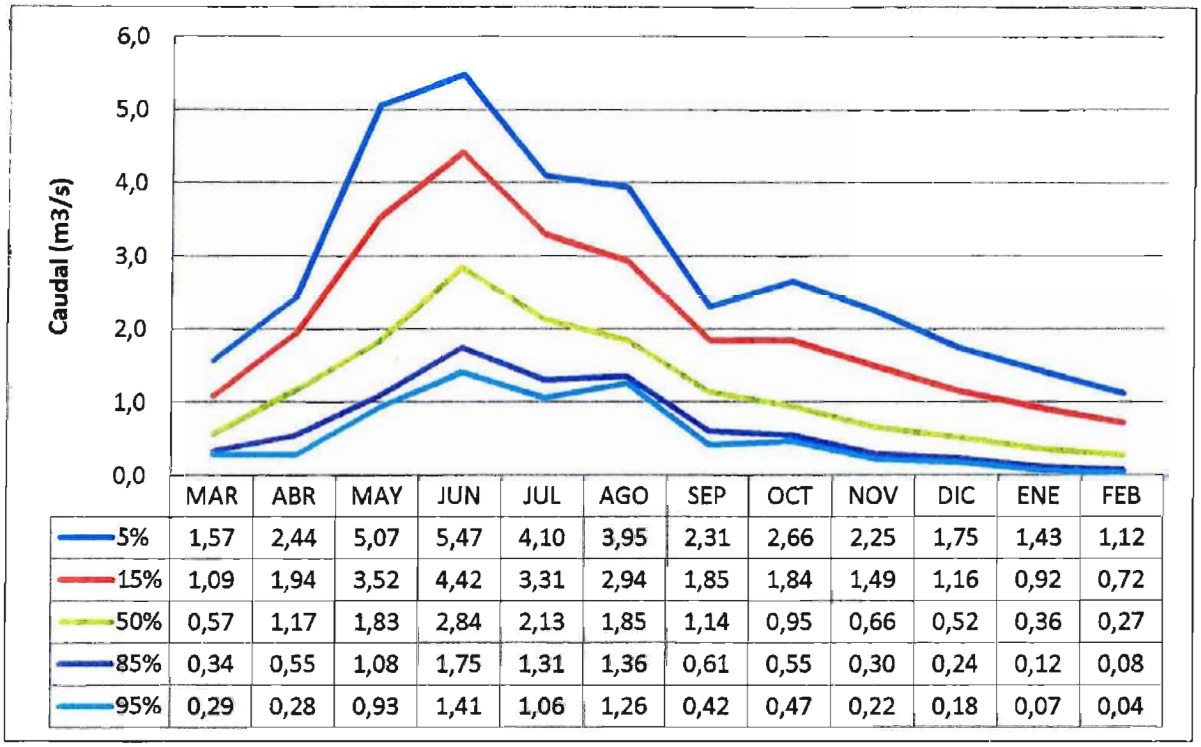
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALESTERO LLELEUFU**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 1,57 | 2,44 | 5,07 | 5,47 | 4,10 | 3,95 | 2,31 | 2,66 | 2,25 | 1,75 | 1,43 | 1,12 |
| 15% | 1,09 | 1,94 | 3,52 | 4,42 | 3,31 | 2,94 | 1,85 | 1,84 | 1,49 | 1,16 | 0,92 | 0,72 |
| 50% | 0,57 | 1,17 | 1,83 | 2,84 | 2,13 | 1,85 | 1,14 | 0,95 | 0,66 | 0,52 | 0,36 | 0,27 |
| 85% | 0,34 | 0,55 | 1,08 | 1,75 | 1,31 | 1,36 | 0,61 | 0,55 | 0,30 | 0,24 | 0,12 | 0,08 |
| 95% | 0,29 | 0,28 | 0,93 | 1,41 | 1,06 | 1,26 | 0,42 | 0,47 | 0,22 | 0,18 | 0,07 | 0,04 |

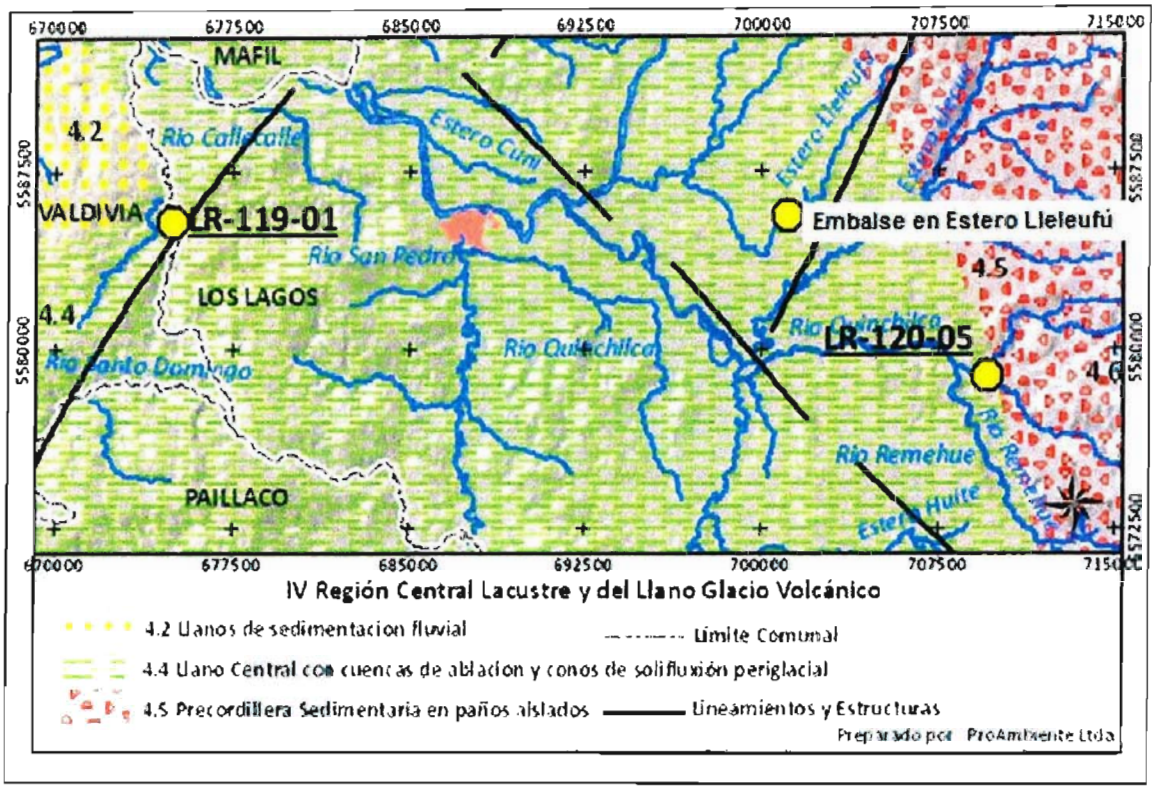
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### 3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad del Llano Central con morrenas de ablación y conos de Solifluxión Periglacial (4.4). Presenta relieves abruptos de estribaciones que encadenan la cordillera de los Andes con la cordillera de la Costa con fondos de valles glaciales y laderas escarpadas. Predominio de lomajes y planicies menores con formas de sedimentación de origen glacial, fluvial y volcánico. Hacia el oriente limita con la subregión lacustre de barrera morrénica (4.6). Laderas escarpadas se restringen a fondos de valles con bosque nativo. Lomajes suaves a medios con predominancia de praderas naturales para ganadería. En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

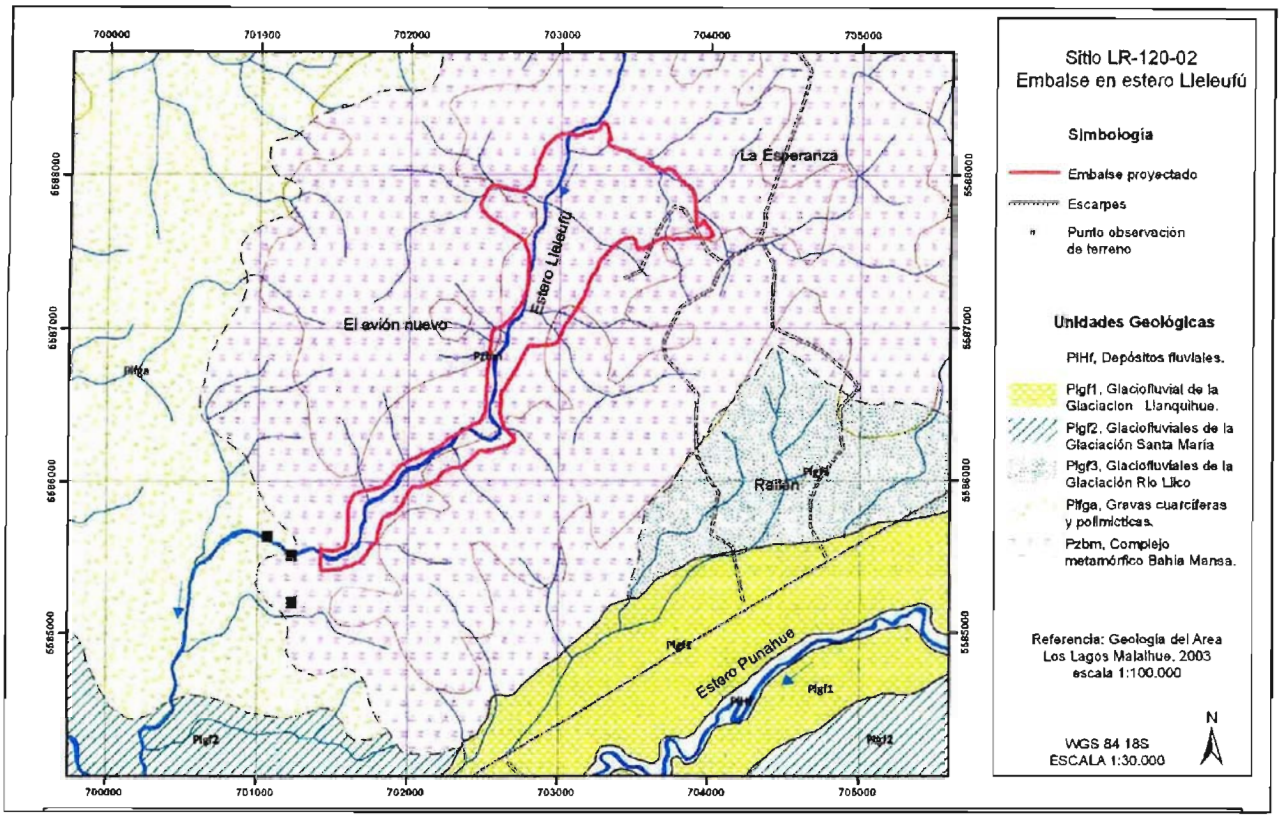



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en la unidad paleozoica del basamento metamórfico Bahía Mansa (Pzmb). Corresponden a esquistos micáceos con cuarzo bandeado En ladera derecha se presentan fallados con zona de salvanda arcillosa con fragmentos de esquistos asociado a sistema N40W subvertical. En ladera izquierda las rocas metamórficas afloran hacia la base del talud, topográficamente más bajas. Suelo residual arcilloso pardo rojizo y coluvios angulosos de espesores que alcanzan sobre los 2 m se disponen sobre los esquistos en ambas laderas. Gravas subredondeadas de cuarzo lechoso y esquistos en la llanura aluvial, de espesores centimétricos. 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

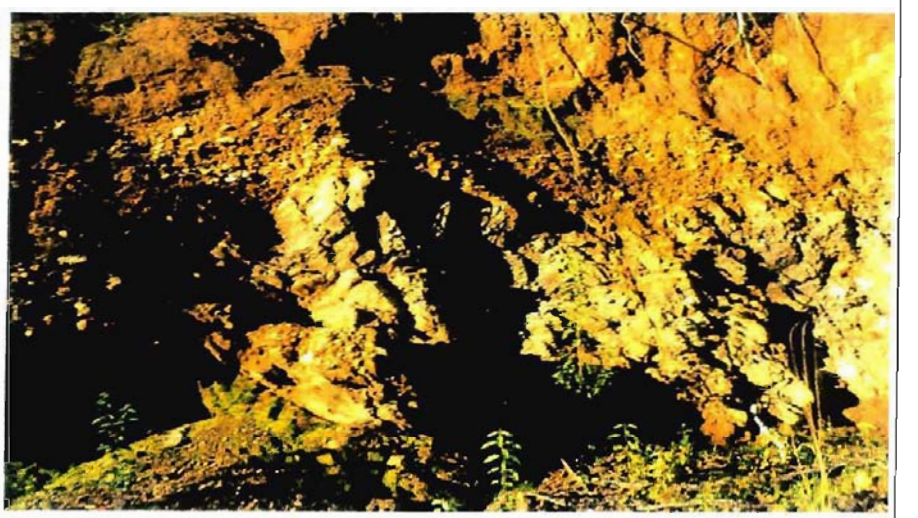
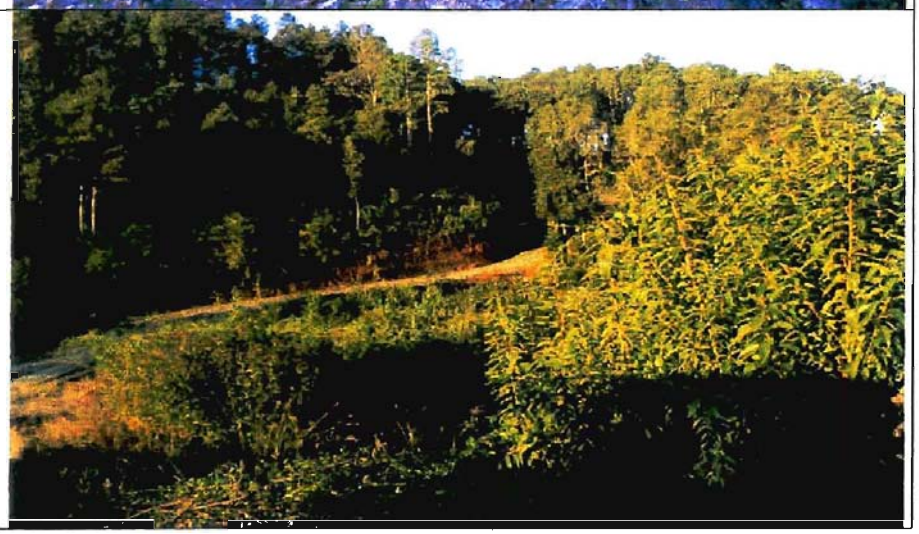
| | |
|---|---|
| Rx metamórficas (esquisto); 2 a 3 m de suelos residuales rojizos, escombros de falda y gravas subangulosas. Excavable mecánicamente | |
| Falla N40E subvertical c/ salvanda arcillosa en rxmetamórficas.Cobertura de gravasy arenas oxidadas con nivel superior de suelos pardo rojizos arcillosos |  |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Ladera Izquierda: rocas metamórficas (esquistos) con bandas de cuarzo, aflora topográficamente más bajo que ladera derecha (posible falla sigue dirección estero) | |
| Vista general hacia ladera derecha. Esquistos alterados, suelos residuales arcillosos con abundante mica y cuarzo |  |

**Fuente:**Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Rocas basales metamórficas falladas deleznables.

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 2LR, 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 3.500,0 ha, dentro de una envolvente de 44,2 ha.

**CUADRO 3.6.1-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO**

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 0.1 | 6.6 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1.5 | 82.9 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.2 | 10.5 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **1.8** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 2.5 | 0.2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 672.7 | 55.2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1.9 | 0.2 |
| Cereales y barbecho | 25.5 | 2.1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 480.3 | 39.4 |
| Forrajeras anuales | 35.3 | 2.9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **1,218.2** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 1.8 | 0.1 |
| Subtotal Secano | 1,218.2 | 96.4 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 44.2 | 3.5 |
| **TOTAL** | **1,264.2** | **100.0** |

**Fuente:**Ver Anexo C

3.6.2 Situación Futurao 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 la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 3.500 ha.

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

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 440 ha con un embalse de tamaño 4,3 $hm^3$.

- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 4,3; 5,0 y 6,2 $hm^3$, los que permiten el riego de 740, 1.000 y 1.220 ha, respectivamente.

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

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

| Ítem | Con Restricción de Derechos | | Sin Restricción de Derechos 1 | | Sin Restricción de Derechos 2 | | Sin Restricción de Derechos 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 198.0 | 45.0 | 333.0 | 45.0 | 450.0 | 45.0 | 549.0 | 45.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 176.0 | 40.0 | 296.0 | 40.0 | 400.0 | 40.0 | 488.0 | 40.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 66.0 | 15.0 | 111.0 | 15.0 | 150.0 | 15.0 | 183.0 | 15.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **440.0** | **100.0** | **740.0** | **100.0** | **1,000.0** | **100.0** | **1,220.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 1.6 | 0.2 | 1.0 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 430.7 | 55.2 | 265.1 | 55.2 | 121.5 | 55.2 | 0.0 | 55.2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1.2 | 0.2 | 0.8 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| Cereales y barbecho | 16.3 | 2.1 | 10.1 | 2.1 | 4.6 | 2.1 | 0.0 | 2.1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 307.5 | 39.4 | 189.2 | 39.4 | 86.7 | 39.4 | 0.0 | 39.4 |
| Forrajeras anuales | 22.6 | 2.9 | 13.9 | 2.9 | 6.4 | 2.9 | 0.0 | 2.9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **780.0** | **100.0** | **480.0** | **100.0** | **220.0** | **100.0** | **0.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 440.0 | 34.8 | 740.0 | 58.5 | 1,000.0 | 79.1 | 1,220.0 | 96.5 |
| Subtotal Secano | 780.0 | 61.7 | 480.0 | 38.0 | 220.0 | 17.4 | 0.0 | 0.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 44.2 | 3.5 | 44.2 | 3.5 | 44.2 | 3.5 | 44.2 | 3.5 |
| **TOTAL** | **1,264.2** | **100.0** | **1,264.2** | **100.0** | **1,264.2** | **100.0** | 1,264.2 | **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 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |

**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 ($m^3/s$) |
| $Q_{entregado}$ | 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación ($m^3$) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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. 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 3.6.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 4,3; 5,0 y 6,2 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:

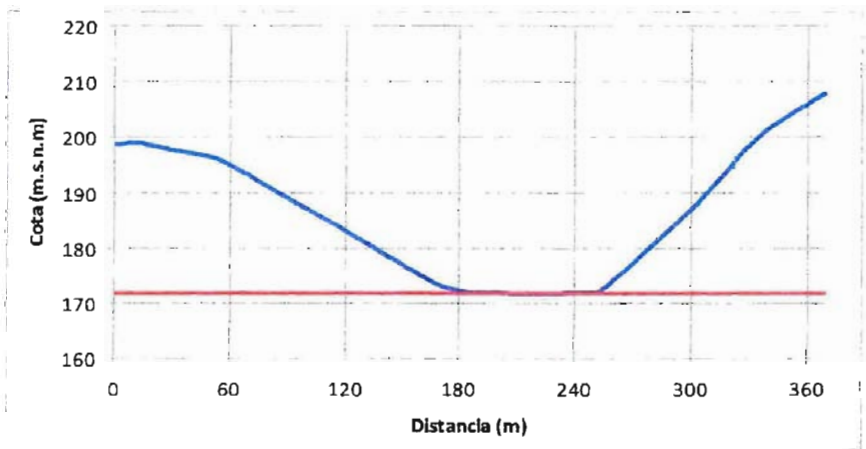
- El embalse se forma por el cierre de la boca de un valle o estrechamiento del cauce. Para caracterizar esta zona del embalse se generó un perfil transversal en el eje del muro, el cual representa la forma y dimensiones del estrechamiento del valle, tal como se muestra en la Figura 4.1.1-1.

- 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.

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




**Fuente:** Elaboración propia

Adicionalmente, se consideró que las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a que los cálculosrealizadosse 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:

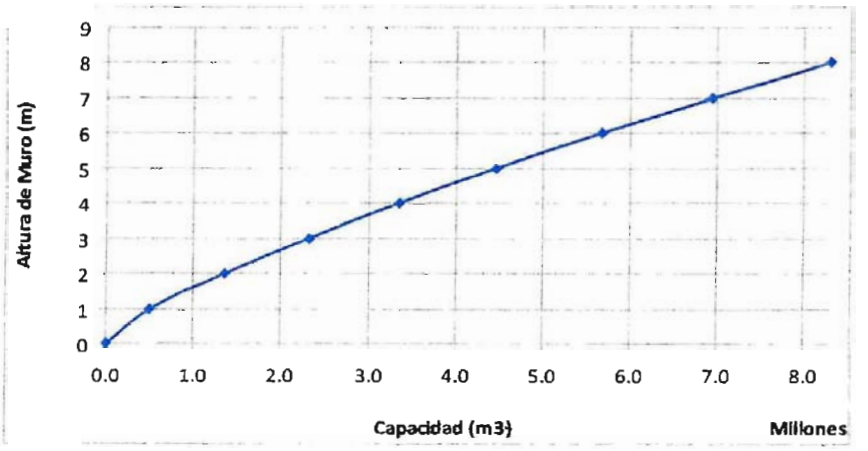
| | | |
|---|---|---|
| w | = | ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies |
| Z | = | altura de la presa, en pies |

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.

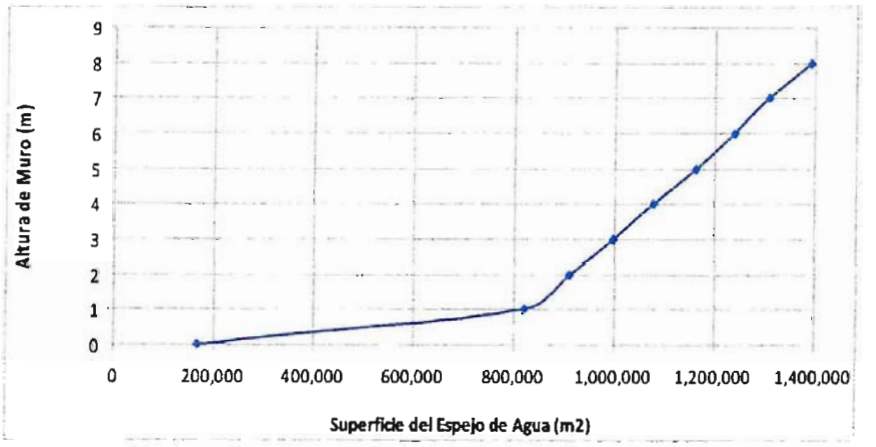
En el Cuadro 4.1.1-1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

**FIGURA 4.1.1-2**
**CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE**

**a) Curva de Volumen**

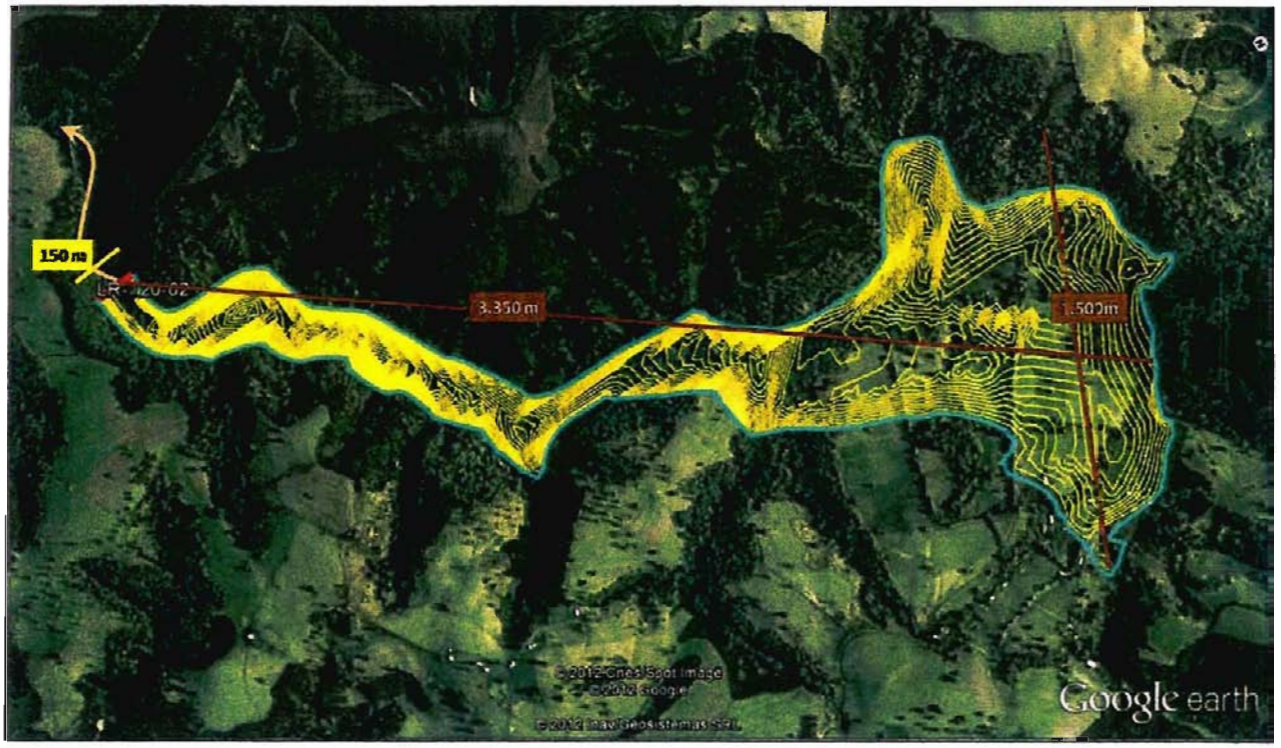



**b) Curva de Superficie**




**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.

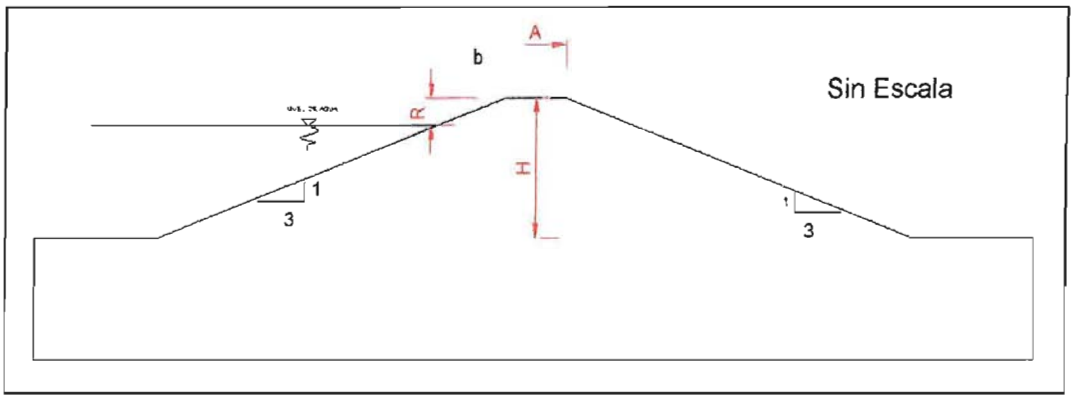
## CUADRO 4.1.1-1
## RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Aguas Arriba | Aguas Abajo |
| 4,3 | 4,8 | 6,0 | 178,0 | 4,5 | 3,0 | 2,5 |
| 5,0 | 5,4 | 6,5 | 178,5 | 4,5 | 3,0 | 2,5 |
| 6,2 | 6,4 | 7,5 | 179,5 | 4,5 | 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 |
|---|---|
| 4,3 | 1,512 |
| 6,2 | 1,338 |

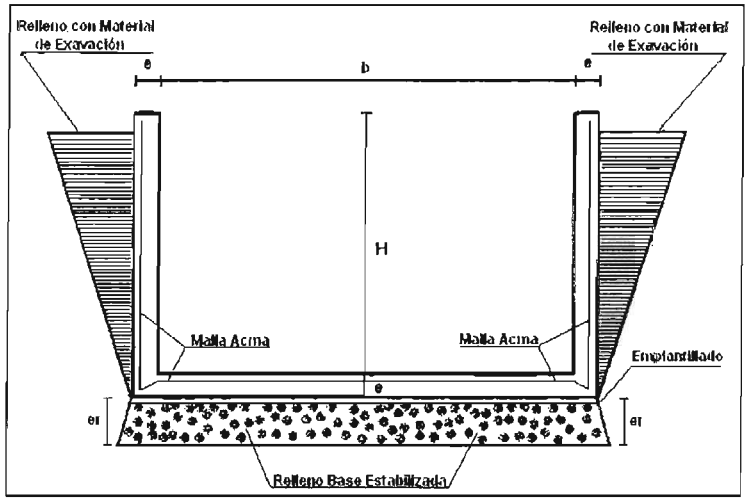
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

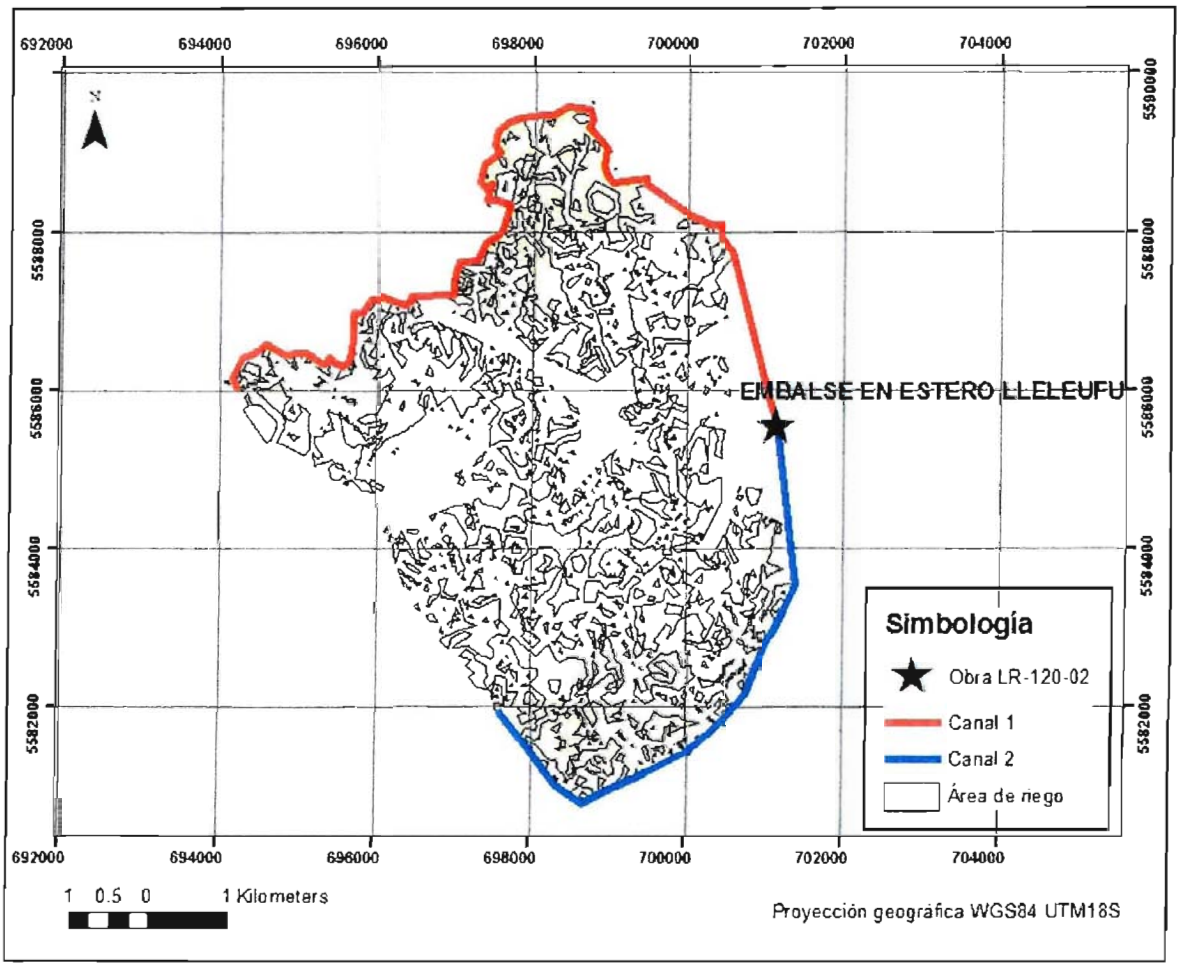
**CUADRO 4.1.2-1**
**PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES**

| Alternativa | 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 | 4,3 | 440 | 7,8 | 6,9 | 220 | 0,5 | 0,5 | 15 | 15 |
| 2 | 4,3 | 740 | 10,4 | 8,0 | 370 | 0,6 | 0,6 | 15 | 15 |
| | 5,0 | 1.000 | 13,0 | 8,0 | 500 | 0,7 | 0,7 | 15 | 15 |
| | 6,2 | 1.220 | 14,3 | 8,0 | 610 | 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 comoel 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:

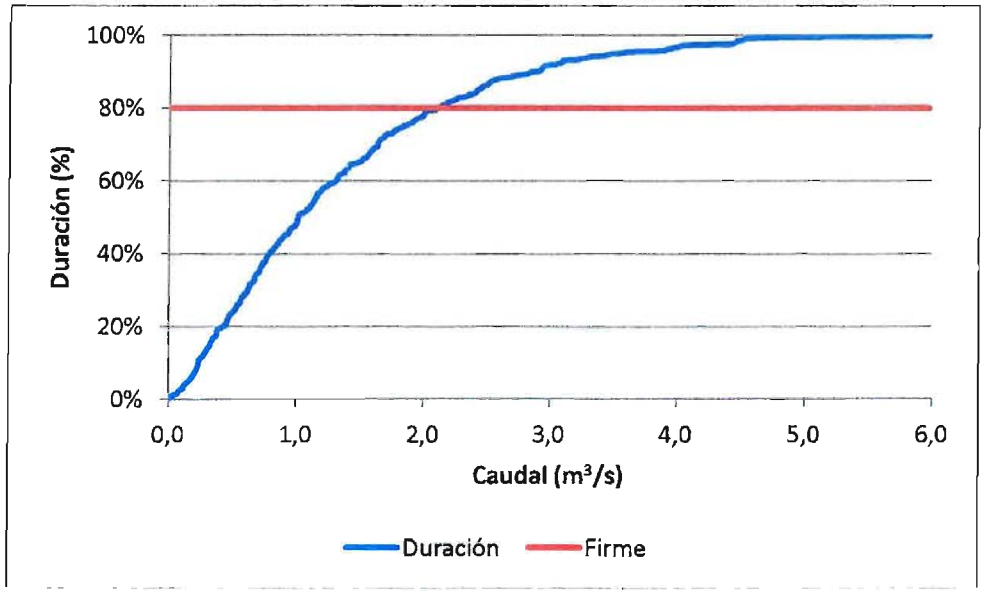
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | H Total Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,3 | 4,1 | 67 | 81,0 |
| 2 | 4,3 | 4,8 | 78 | 119,5 |
| | 5,0 | 5,4 | 88 | 121,7 |
| | 6,2 | 6,4 | 103 | 112,8 |

**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 = 4,3 hm³ / h= 6,0 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 56.070 | 1.500 | 1.320 | 84.104.985 | 74.012.387 |
| m³ | Excavaciones | 23.502 | 5.000 | 4.800 | 117.512.269 | 112.811.778 |
| m³ | Relleno de la presa | 600.003 | 4.000 | 3.840 | 2.400.013.815 | 2.304.013.262 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 10.960 | 50.000 | 48.000 | 548.008.250 | 526.087.920 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 26.304 | 3.500 | 3.430 | 92.065.386 | 90.224.078 |
| **Total Muro** | | | | | **3.241.704.705** | **3.107.149.425** |
| **Volumen = 5,0 hm³ / h=6,5 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 69.570 | 1.500 | 1.320 | 104.355.234 | 91.832.606 |
| m³ | Excavaciones | 34.120 | 5.000 | 4.800 | 170.600.322 | 163.776.309 |
| m³ | Relleno de la presa | 918.590 | 4.000 | 3.840 | 3.674.358.544 | 3.527.384.202 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 14.238 | 50.000 | 48.000 | 711.891.536 | 683.415.874 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 34.171 | 3.500 | 3.430 | 119.597.778 | 117.205.822 |
| **Total Muro** | | | | | **4.780.803.413** | **4.583.614.814** |
| **Volumen = 6,2 hm³ / h=7,5 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 79.695 | 1.500 | 1.320 | 119.542.920 | 105.197.770 |
| m³ | Excavaciones | 42.083 | 5.000 | 4.800 | 210.416.363 | 201.999.708 |
| m³ | Relleno de la presa | 1.157.529 | 4.000 | 3.840 | 4.630.117.090 | 4.444.912.406 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 16.696 | 50.000 | 48.000 | 834.804.000 | 801.411.840 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 40.071 | 3.500 | 3.430 | 140.247.072 | 137.442.131 |
| **Total Muro** | | | | | **5.935.127.445** | **5.690.963.855** |

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

| Alternativa 1: Volumen = 4,3 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.321 | 12.594 | 11.335 | 16.636.674 | 14.973.007 |
| m³ | Hormigón H-30 | 4.079 | 99.523 | 94.547 | 405.979.198 | 385.680.238 |
| m² | Malla Acma C-295 | 27.195 | 7.877 | 7.719 | 214.215.015 | 209.930.715 |
| m² | Moldajes 3 usos | 13.230 | 8.834 | 7.951 | 116.873.820 | 105.186.438 |
| m² | Aplicación Antisol | 7.350 | 255 | 230 | 1.874.250 | 1.686.825 |
| m | Juntas de dilatación | 4.998 | 5.994 | 5.395 | 29.958.012 | 26.962.211 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **785.536.969** | **744.419.433** |
| **Alternativa 2: Volumen = 4,3 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.654 | 12.594 | 11.335 | 20.830.476 | 18.747.428 |
| m³ | Hormigón H-30 | 5.106 | 99.523 | 94.547 | 508.164.438 | 482.756.216 |
| m² | Malla Acma C-295 | 34.040 | 7.877 | 7.719 | 268.133.080 | 262.770.418 |
| m² | Moldajes 3 usos | 16.560 | 8.834 | 7.951 | 146.291.040 | 131.661.936 |
| m² | Aplicación Antisol | 9.200 | 255 | 230 | 2.346.000 | 2.111.400 |
| m | Juntas de dilatación | 6.256 | 5.994 | 5.395 | 37.498.464 | 33.748.618 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **983.263.498** | **931.796.017** |
| **Alternativa 2: Volumen = 5,0 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.234 | 12.594 | 11.335 | 28.134.996 | 25.321.496 |
| m³ | Hormigón H-30 | 6.143 | 99.523 | 94.547 | 611.320.028 | 580.754.026 |
| m² | Malla Acma C-295 | 40.950 | 7.877 | 7.719 | 322.563.150 | 316.111.887 |
| m² | Moldajes 3 usos | 18.900 | 8.834 | 7.951 | 166.962.600 | 150.266.340 |
| m² | Aplicación Antisol | 12.600 | 255 | 230 | 3.213.000 | 2.891.700 |
| m | Juntas de dilatación | 7.560 | 5.994 | 5.395 | 45.314.640 | 40.783.176 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.177.508.414** | **1.116.128.626** |
| **Alternativa 2: Volumen = 6,2 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.373 | 12.594 | 11.335 | 29.885.562 | 26.897.006 |
| m³ | Hormigón H-30 | 7.192 | 99.523 | 94.547 | 715.744.535 | 679.957.308 |
| m² | Malla Acma C-295 | 47.945 | 7.877 | 7.719 | 377.662.765 | 370.109.510 |
| m² | Moldajes 3 usos | 23.043 | 8.834 | 7.951 | 203.564.807 | 183.208.326 |
| m² | Aplicación Antisol | 13.380 | 255 | 230 | 3.411.900 | 3.070.710 |
| m | Juntas de dilatación | 8.920 | 5.994 | 5.395 | 53.466.480 | 48.119.832 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.383.736.049** | **1.311.362.692** |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4,3 | 67,0 | 161.942.350 | 7.168 | 335.000 |
| 2 | 4,3 | 78,0 | 188.529.900 | 8.345 | 390.000 |
| | 5,0 | 88,0 | 212.700.400 | 9.415 | 440.000 |
| | 6,2 | 103,0 | 248.956.150 | 11.020 | 515.000 |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Superficie (ha) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 4,3 | 17,5 | 79.072.735,0 |
| 2 | 4,3 | 17,5 | 79.072.735,0 |
| | 5,0 | 21,6 | 97.598.347,0 |
| | 6,2 | 24,3 | 109.798.141,0 |

**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 = 4,3 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 3.241.704.705 | 3.107.149.425 |
| **Obra de Desvío** | 324.170.470 | 310.714.943 |
| **Obra de Toma** | 162.085.235 | 155.357.471 |
| **Vertedero** | 1.134.596.647 | 1.087.502.299 |
| **Sistema de Distribución** | 785.536.969 | 744.419.433 |
| **Caminos de Acceso** | 324.170.470 | 310.714.943 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **5.982.264.496** | **5.725.858.514** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.589.358.698** | **3.435.515.108** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 161.942.350 | 161.942.350 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **161.942.350** | **161.942.350** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **56.679.823** | **56.679.823** |
| **EXPROPIACIONES** | **79.072.735** | **79.072.735** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **9.869.318.102** | **9.459.068.529** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **436.865** | **418.706** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **20.416.040** | **19.567.383** |

| Alternativa 2: Volumen = 4,3 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 3.241.704.705 | 3.107.149.425 |
| **Obra de Desvío** | 324.170.470 | 310.714.943 |
| **Obra de Toma** | 162.085.235 | 155.357.471 |
| **Vertedero** | 1.134.596.647 | 1.087.502.299 |
| **Sistema de Distribución** | 983.263.498 | 931.796.017 |
| **Caminos de Acceso** | 324.170.470 | 310.714.943 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **6.179.991.026** | **5.913.235.097** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.707.994.615** | **3.547.941.058** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 188.529.900 | 188.529.900 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **188.529.900** | **188.529.900** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **65.985.465** | **65.985.465** |
| **EXPROPIACIONES** | **79.072.735** | **79.072.735** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **10.221.573.741** | **9.794.764.256** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **452.458** | **433.565** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **21.144.730** | **20.261.816** |

| Alternativa 3: Volumen = 5,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 4.780.803.413 | 4.583.614.814 |

## CUADRO 5.5-1
## RESUMEN DE COSTOS

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 478.080.341 | 458.361.481 |
| **Obra de Toma** | 239.040.171 | 229.180.741 |
| **Vertedero** | 1.673.281.195 | 1.604.265.185 |
| **Sistema de Distribución** | 1.177.508.414 | 1.116.128.626 |
| **Caminos de Acceso** | 478.080.341 | 458.361.481 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **8.836.793.875** | **8.459.912.327** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **5.302.076.325** | **5.075.947.396** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 212.700.400 | 212.700.400 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **212.700.400** | **212.700.400** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **74.445.140** | **74.445.140** |
| **EXPROPIACIONES** | **97.598.347** | **97.598.347** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **14.523.614.086** | **13.920.603.610** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **642.888** | **616.196** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **30.044.091** | **28.796.681** |

**Alternativa 2: Volumen = 6,2 $hm^3$**

| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
|---|---|---|
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 5.935.127.445 | 5.690.963.855 |
| **Obra de Desvío** | 593.512.744 | 569.096.385 |
| **Obra de Toma** | 296.756.372 | 284.548.193 |
| **Vertedero** | 2.077.294.606 | 1.991.837.349 |
| **Sistema de Distribución** | 1.383.736.049 | 1.311.362.692 |
| **Caminos de Acceso** | 593.512.744 | 569.096.385 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **10.889.939.960** | **10.426.904.859** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **6.533.963.976** | **6.256.142.916** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 248.956.150 | 248.956.150 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **248.956.150** | **248.956.150** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **87.134.653** | **87.134.653** |
| **EXPROPIACIONES** | **109.798.141** | **109.798.141** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **17.869.792.880** | **17.128.936.718** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **791.006** | **758.212** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **36.966.122** | **35.433.559** |

| | |
|---|---|
| 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.Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

[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 | 54.125.846 | 54.125.846 | 0 | 54.125.846 | 0 | 54.125.846 | 0 | 54.125.846 | 0 |
| 1 | 54.226.595 | -384.913.469 | -439.140.064 | -559.864.233 | -614.090.829 | -711.488.229 | -765.714.824 | -839.785.456 | -894.012.051 |
| 2 | 54.226.595 | -482.819.687 | -537.046.282 | -724.534.356 | -778.760.951 | -934.020.402 | -988.246.997 | -1.111.277.825 | -1.165.504.420 |
| 3 | 54.226.595 | -718.243.176 | -772.469.771 | -1.120.611.368 | -1.174.837.964 | -1.469.330.469 | -1.523.557.064 | -1.764.400.477 | -1.818.627.072 |
| 4 | 54.226.595 | -337.170.590 | -391.397.185 | -479.698.370 | -533.924.965 | -603.222.446 | -657.449.041 | -707.742.818 | -761.969.413 |
| 5 | 54.226.595 | -275.990.844 | -330.217.439 | -356.126.589 | -410.353.184 | -425.577.568 | -479.804.164 | -484.343.782 | -538.570.377 |
| 6 | 51.533.543 | 29.893.092 | -21.640.451 | 220.078.383 | 168.544.840 | 384.905.636 | 333.372.093 | 524.374.850 | 472.841.307 |
| 7 | 53.124.535 | 557.403.434 | 504.278.899 | 961.363.819 | 908.239.284 | 1.311.462.820 | 1.258.338.285 | 1.607.700.436 | 1.554.575.901 |
| 8 | 53.054.896 | 852.248.854 | 799.193.958 | 1.457.393.216 | 1.404.338.320 | 1.981.851.663 | 1.928.796.767 | 2.425.624.195 | 2.372.569.299 |
| 9 | 53.208.289 | 1.045.632.400 | 992.424.111 | 1.782.594.123 | 1.729.385.833 | 2.421.294.282 | 2.368.085.993 | 2.961.732.879 | 2.908.524.590 |
| 10 | 53.467.956 | 1.236.560.037 | 1.183.092.081 | 2.103.410.810 | 2.049.942.855 | 2.854.681.481 | 2.801.213.525 | 3.490.372.048 | 3.436.904.093 |
| 11 | 53.922.980 | 1.341.795.462 | 1.287.872.482 | 2.280.054.277 | 2.226.131.297 | 3.093.211.917 | 3.039.288.937 | 3.781.268.381 | 3.727.345.401 |
| 12 | 53.996.285 | 1.341.885.189 | 1.287.888.904 | 2.280.144.004 | 2.226.147.719 | 3.093.301.644 | 3.039.305.359 | 3.781.358.108 | 3.727.361.823 |
| 13 | 54.125.846 | 1.342.038.450 | 1.287.912.603 | 2.280.297.265 | 2.226.171.418 | 3.093.454.904 | 3.039.329.058 | 3.781.511.369 | 3.727.385.522 |
| 14 | 54.226.595 | 875.820.061 | 821.593.465 | 1.495.926.023 | 1.441.699.428 | 2.033.351.191 | 1.979.124.596 | 2.488.095.564 | 2.433.868.969 |
| 15 | 54.226.595 | 337.520.353 | 283.293.758 | 590.383.442 | 536.156.847 | 809.531.453 | 755.304.857 | 994.964.385 | 940.737.789 |
| 16 | 54.226.595 | -595.743.253 | -649.969.848 | -979.578.277 | -1.033.804.872 | -1.312.235.298 | -1.366.461.893 | -1.593.714.316 | -1.647.940.911 |
| 17 | 52.794.328 | -161.554.885 | -214.349.214 | -247.972.840 | -300.767.168 | -322.868.400 | -375.662.728 | -386.241.567 | -439.035.895 |
| 18 | 53.877.183 | -48.977.415 | -102.854.598 | -59.331.605 | -113.208.788 | -68.305.237 | -122.182.420 | -75.898.310 | -129.775.493 |
| 19 | 52.596.753 | 243.167.353 | 190.570.600 | 433.090.814 | 380.494.061 | 597.691.146 | 545.094.393 | 736.968.350 | 684.371.597 |
| 20 | 53.133.840 | 557.409.392 | 504.275.552 | 961.367.486 | 908.233.646 | 1.311.464.500 | 1.258.330.660 | 1.607.700.436 | 1.554.566.595 |
| 21 | 53.177.994 | 852.485.157 | 799.307.163 | 1.457.538.633 | 1.404.360.639 | 1.981.918.313 | 1.928.740.318 | 2.425.624.195 | 2.372.446.201 |
| 22 | 53.548.396 | 1.046.059.620 | 992.511.224 | 1.782.857.027 | 1.729.308.631 | 2.421.414.780 | 2.367.866.384 | 2.961.732.879 | 2.908.184.483 |
| 23 | 53.713.914 | 1.236.769.490 | 1.183.055.576 | 2.103.539.705 | 2.049.825.790 | 2.854.740.558 | 2.801.026.643 | 3.490.372.048 | 3.436.658.134 |
| 24 | 53.922.980 | 1.341.795.462 | 1.287.872.482 | 2.280.054.277 | 2.226.131.297 | 3.093.211.917 | 3.039.288.937 | 3.781.268.381 | 3.727.345.401 |
| 25 | 53.996.285 | 1.341.885.189 | 1.287.888.904 | 2.280.144.004 | 2.226.147.719 | 3.093.301.644 | 3.039.305.359 | 3.781.358.108 | 3.727.361.823 |
| 26 | 54.125.846 | 1.342.038.450 | 1.287.912.603 | 2.280.297.265 | 2.226.171.418 | 3.093.454.904 | 3.039.329.058 | 3.781.511.369 | 3.727.385.522 |
| 27 | 54.226.595 | 875.820.061 | 821.593.465 | 1.495.926.023 | 1.441.699.428 | 2.033.351.191 | 1.979.124.596 | 2.488.095.564 | 2.433.868.969 |
| 28 | 52.794.328 | 336.393.835 | 283.599.506 | 589.690.200 | 536.895.872 | 809.213.717 | 756.419.388 | 994.964.385 | 942.170.056 |
| 29 | 53.877.183 | -596.176.431 | -650.053.614 | -979.844.848 | -1.033.722.031 | -1.312.357.477 | -1.366.234.660 | -1.593.714.316 | -1.647.591.499 |
| 30 | 53.857.538 | -160.874.124 | -214.731.662 | -247.553.910 | -301.411.448 | -322.676.390 | -376.533.929 | -386.241.567 | -440.099.105 |

**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 | 80.780.738 | 80.780.738 | 0 | 80.780.738 | 0 | 80.780.738 | 0 | 80.780.738 | 0 |
| 1 | 80.911.750 | -350.299.735 | -431.211.485 | -523.322.198 | -604.233.948 | -673.274.999 | -754.186.749 | -800.158.138 | -881.069.888 |
| 2 | 80.911.750 | -437.783.298 | -518.695.048 | -670.556.754 | -751.468.504 | -872.293.748 | -953.205.498 | -1.042.994.282 | -1.123.906.032 |
| 3 | 80.911.750 | -645.803.209 | -726.714.959 | -1.020.521.438 | -1.101.433.188 | -1.345.277.237 | -1.426.188.987 | -1.620.070.605 | -1.700.982.355 |
| 4 | 80.911.750 | -254.972.063 | -335.883.813 | -363.192.321 | -444.104.071 | -456.983.210 | -537.894.960 | -536.344.732 | -617.256.482 |
| 5 | 80.911.750 | -145.797.069 | -226.708.819 | -158.881.612 | -239.793.362 | -170.221.550 | -251.133.300 | -179.816.881 | -260.728.631 |
| 6 | 78.148.742 | 209.266.800 | 131.118.058 | 497.898.347 | 419.749.605 | 748.045.688 | 669.896.946 | 959.708.822 | 881.560.080 |
| 7 | 79.560.064 | 770.618.674 | 691.058.610 | 1.299.399.006 | 1.219.838.942 | 1.757.675.294 | 1.678.115.230 | 2.145.447.537 | 2.065.887.473 |
| 8 | 79.526.988 | 1.100.142.090 | 1.020.615.102 | 1.852.784.619 | 1.773.257.632 | 2.505.074.812 | 2.425.547.824 | 3.057.012.667 | 2.977.485.679 |
| 9 | 79.754.431 | 1.329.569.237 | 1.249.814.806 | 2.238.741.476 | 2.158.987.045 | 3.026.690.750 | 2.946.936.319 | 3.693.417.058 | 3.613.662.627 |
| 10 | 80.054.364 | 1.552.899.619 | 1.472.845.255 | 2.614.270.210 | 2.534.215.846 | 3.534.124.723 | 3.454.070.359 | 4.312.463.156 | 4.232.408.792 |
| 11 | 80.535.769 | 1.682.357.046 | 1.601.821.276 | 2.831.649.489 | 2.751.113.720 | 3.827.702.940 | 3.747.167.171 | 4.670.517.399 | 4.589.981.630 |
| 12 | 80.628.661 | 1.682.840.676 | 1.602.212.015 | 2.832.046.832 | 2.751.418.171 | 3.828.025.500 | 3.747.396.839 | 4.670.776.681 | 4.590.148.020 |
| 13 | 80.780.738 | 1.682.949.228 | 1.602.168.490 | 2.832.155.384 | 2.751.374.646 | 3.828.134.052 | 3.747.353.314 | 4.670.885.233 | 4.590.104.495 |
| 14 | 80.911.750 | 1.164.193.648 | 1.083.281.898 | 1.959.371.110 | 1.878.459.360 | 2.648.524.910 | 2.567.613.160 | 3.231.655.048 | 3.150.743.298 |
| 15 | 80.911.750 | 541.156.650 | 460.244.900 | 911.175.451 | 830.263.701 | 1.231.858.411 | 1.150.946.661 | 1.503.205.532 | 1.422.293.782 |
| 16 | 80.911.750 | -523.303.286 | -604.215.036 | -879.488.347 | -960.400.097 | -1.188.182.066 | -1.269.093.816 | -1.449.384.444 | -1.530.296.194 |
| 17 | 79.573.480 | -78.229.840 | -157.803.321 | -130.773.549 | -210.347.029 | -176.311.429 | -255.884.909 | -214.843.481 | -294.416.962 |
| 18 | 80.495.617 | 80.568.311 | 72.694 | 137.514.572 | 57.018.956 | 186.867.999 | 106.372.382 | 228.628.590 | 148.132.974 |
| 19 | 79.058.698 | 421.369.505 | 342.310.807 | 710.189.820 | 631.131.121 | 960.500.758 | 881.442.060 | 1.172.302.322 | 1.093.243.624 |
| 20 | 79.616.843 | 771.201.310 | 691.584.467 | 1.299.757.551 | 1.220.140.708 | 1.757.839.627 | 1.678.222.784 | 2.145.447.537 | 2.065.830.694 |
| 21 | 79.703.967 | 1.100.178.445 | 1.020.474.478 | 1.852.806.992 | 1.773.103.025 | 2.505.085.066 | 2.425.381.099 | 3.057.012.667 | 2.977.308.700 |
| 22 | 80.113.785 | 1.329.843.481 | 1.249.729.696 | 2.238.910.242 | 2.158.796.456 | 3.026.768.101 | 2.946.654.315 | 3.693.417.058 | 3.613.303.273 |
| 23 | 80.305.698 | 1.553.354.058 | 1.473.048.361 | 2.614.549.865 | 2.534.244.168 | 3.534.252.898 | 3.453.947.200 | 4.312.463.156 | 4.232.157.459 |
| 24 | 80.535.769 | 1.682.581.394 | 1.602.045.625 | 2.831.787.550 | 2.751.251.781 | 3.827.766.218 | 3.747.230.449 | 4.670.517.399 | 4.589.981.630 |
| 25 | 80.628.661 | 1.682.840.676 | 1.602.212.015 | 2.832.046.832 | 2.751.418.171 | 3.828.025.500 | 3.747.396.839 | 4.670.776.681 | 4.590.148.020 |
| 26 | 80.780.738 | 1.682.949.228 | 1.602.168.490 | 2.832.155.384 | 2.751.374.646 | 3.828.134.052 | 3.747.353.314 | 4.670.885.233 | 4.590.104.495 |
| 27 | 80.911.750 | 1.164.193.648 | 1.083.281.898 | 1.959.371.110 | 1.878.459.360 | 2.648.524.910 | 2.567.613.160 | 3.231.655.048 | 3.150.743.298 |
| 28 | 79.573.480 | 541.156.650 | 461.583.170 | 911.175.451 | 831.601.970 | 1.231.858.411 | 1.152.284.931 | 1.503.205.532 | 1.423.632.051 |
| 29 | 80.495.617 | -524.384.514 | -604.880.131 | -880.153.718 | -960.649.335 | -1.188.487.028 | -1.268.982.644 | -1.449.384.444 | -1.529.880.060 |
| 30 | 80.483.437 | -78.720.635 | -159.204.072 | -131.075.576 | -211.559.013 | -176.449.858 | -256.933.295 | -214.843.481 | -295.326.918 |

**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 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 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 UTILIDDES**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Privado | Social | Privado | Social |
| 1 | 4,3 | 8.314.764.044 | 7.970.302.529 | 1.256.859.150 | 1.191.071.093 |
| 2 | 4,3 | 8.314.764.044 | 7.970.302.529 | 1.573.221.597 | 1.490.873.626 |
| | 5,0 | 12.254.856.738 | 11.750.053.923 | 1.884.013.462 | 1.785.805.801 |
| | 6,2 | 15.209.926.258 | 14.584.867.468 | 2.213.977.678 | 2.098.180.307 |

**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 UTILIDDES**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 4,3 | 67,0 | 218.622.173 |
| 2 | 4,3 | 78,0 | 254.515.365 |
| | 5,0 | 88,0 | 287.145.540 |
| | 6,2 | 103,0 | 336.090.803 |

**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 tanto a precios privados, y marginalmente rentable a precios sociales, para el caso sin restricción de derechos de agua. La evaluación se presenta en el Anexo F.

**CUADRO 6.5-1**
**RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Sin Hidrogeneración | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 4,3 | -9.519,9 | -0,99 | 0,1% | -4.409,0 | -0,48 | 2,6% |
| 2 | 4,3 | -8.319,3 | -0,84 | 3,7% | 677,1 | 0,07 | 6,4% |
| | 5,0 | -11.721,9 | -0,83 | 3,7% | 590,4 | 0,04 | 6,2% |
| | 6,2 | -14.250,6 | -0,82 | 3,7% | 873,3 | 0,05 | 6,3% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | | |
| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 4,3 | -9.725,1 | -0,99 | 0,0% | -4.600,4 | -0,49 | 2,5% |
| 2 | 4,3 | -8.549,0 | -0,84 | 3,7% | 469,8 | 0,05 | 6,3% |
| | 5,0 | -11.985,8 | -0,83 | 3,6% | 348,5 | 0,03 | 6,1% |
| | 6,2 | -14.570,2 | -0,82 | 3,6% | 571,8 | 0,03 | 6,2% |

**Fuente:** Elaboración propia

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis, dado el interés regional por el proyecto, y aunque los indicadores de rentabilidad son marginales, pero positivos, se sugiere continuar con el análisis de este proyecto, para un volumen de regulación cercano a los 6,2 $hm^3$

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, que a nivel de perfil es tan interesante como el proyecto de riego, por lo que se requiere un análisis de mayor profundidad.

# 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 LLELEUFÚ
## 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 2LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 6,6 | 45,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 82,9 | 40,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 10,5 | 15,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,2 | 0,2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 55,2 | 55,2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,2 | 0,2 |
| Cereales y barbecho | 2,1 | 2,1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 39,4 | 39,4 |
| Forrajeras anuales | 2,9 | 2,9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40,0 | 21,0 | 18,0 | 37,0 | 64,0 | 88,0 | 119,0 | 121,0 | 185,0 | 162,0 | 131,0 | 79,0 | 1.065,0 |

**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 3.2-2 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** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 48,4 | 95,2 | 127,1 | 194,3 | 126,4 | 65,5 | 0,0 | 676,1 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 38,0 | 20,0 | 17,1 | 35,2 | 60,8 | 83,6 | 113,1 | 115,0 | 175,8 | 153,9 | 124,5 | 75,1 | 1.012,1 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,4 | 50,0 | 121,0 | 207,2 | 158,8 | 96,9 | 0,0 | 667,3 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 128,0 | 126,0 | 133,0 | 120,0 | 127,0 | 107,0 | 100,0 | 90,0 | 51,0 | 77,0 | 63,0 | 120,0 | 1.242,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 37,1 | 143,3 | 49,4 | 2,5 | 0,0 | 232,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 25,0 | 124,8 | 76,9 | 61,5 | 0,0 | 301,3 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 156,2 | 81,8 | 33,9 | 0,0 | 302,9 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 412 | 1.592 | 549 | 28 | 0 | 2.581 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 333 | 1.664 | 1.025 | 820 | 0 | 4.017 |
| Cultivos anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 689 | 3.471 | 1.818 | 753 | 0 | 6.731 |

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

**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 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 LLELEUFÚ
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:

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

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

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

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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

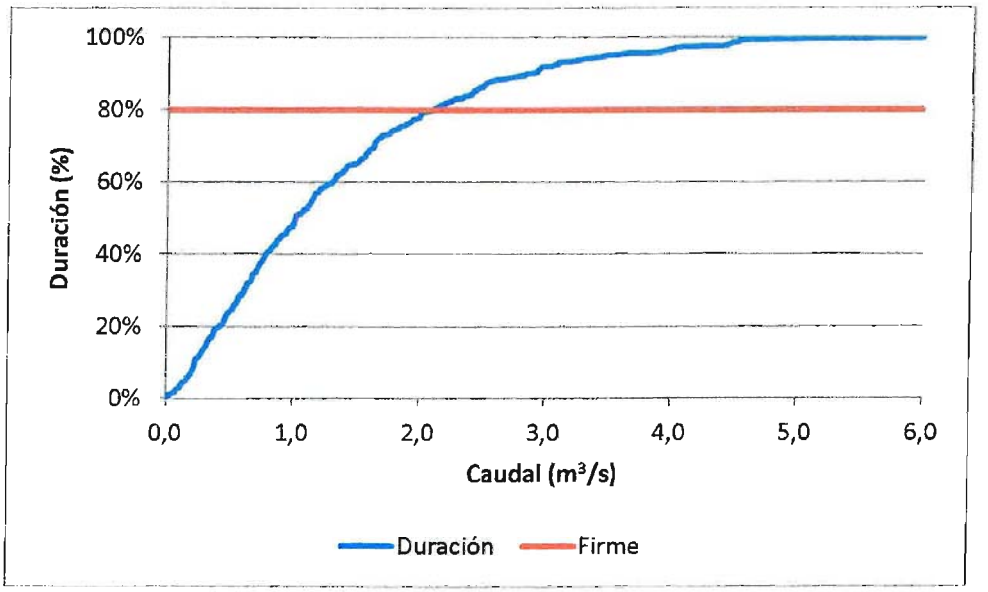
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 LLELEUFÚ
# 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.

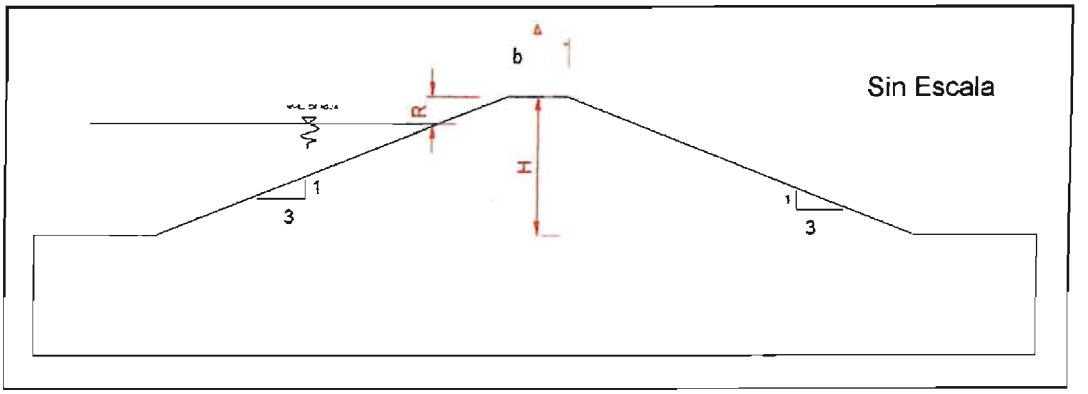
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 4,3 | 4,8 | 6,0 | 178,0 | 4,5 | 3,0 | 2,5 |
| 5,0 | 5,4 | 6,5 | 178,5 | 4,5 | 3,0 | 2,5 |
| 6,2 | 6,4 | 7,5 | 179,5 | 4,5 | 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.

**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 ($t/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 4,3 | CL-SC | 30 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |
| 5,0 | CL-SC | 30 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |
| 6,2 | CL-SC | 30 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

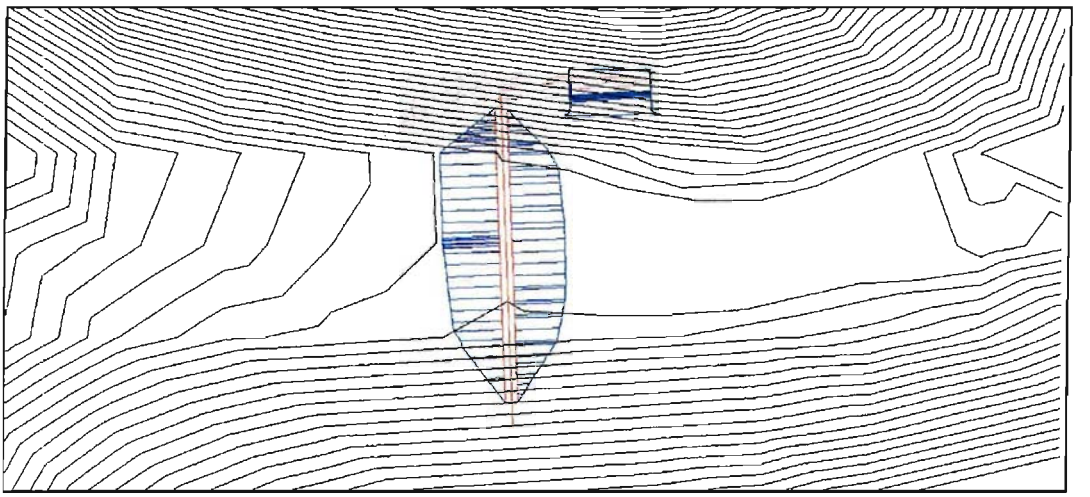
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **4,3** | 1,512 |
| **6,2** | 1,338 |

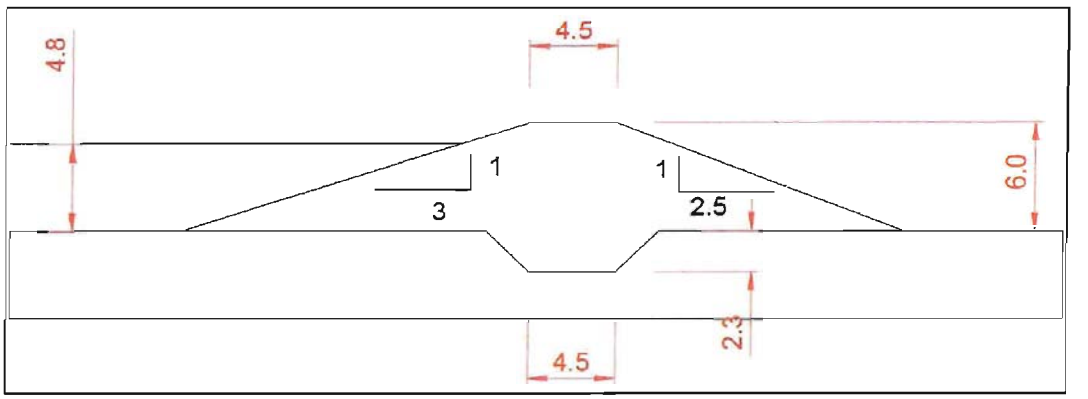
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 4,3 hm$^3$**

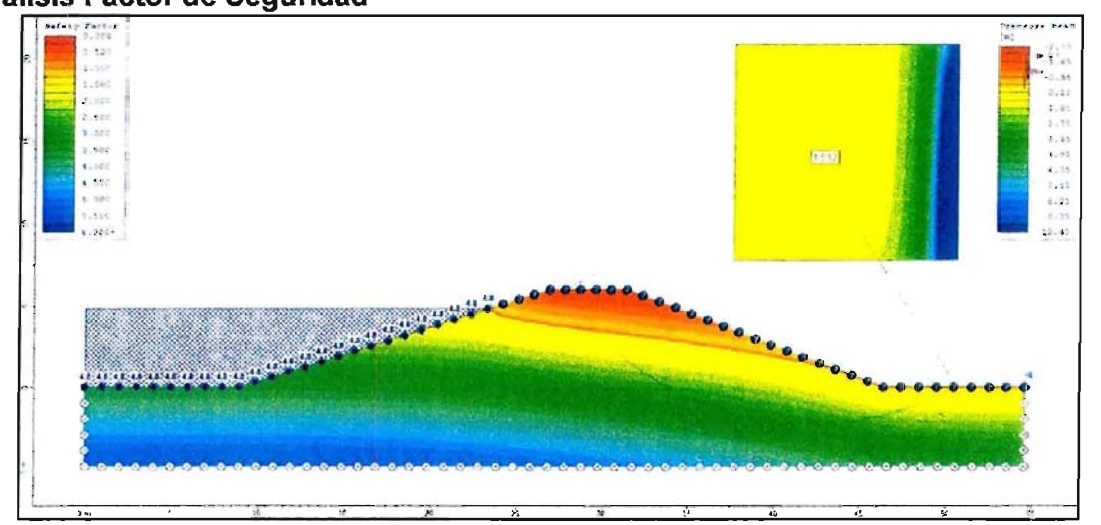
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



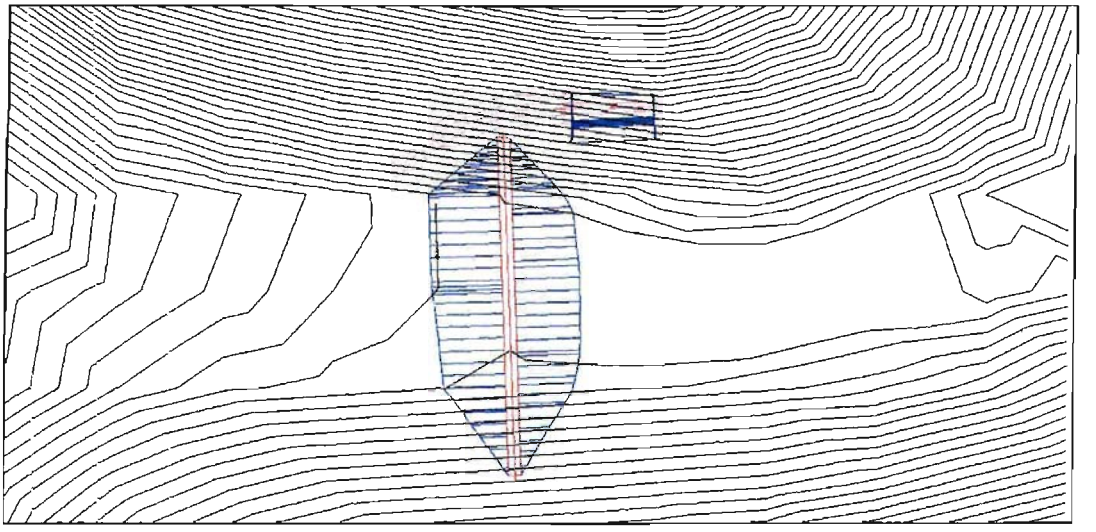

**Análisis Factor de Seguridad**



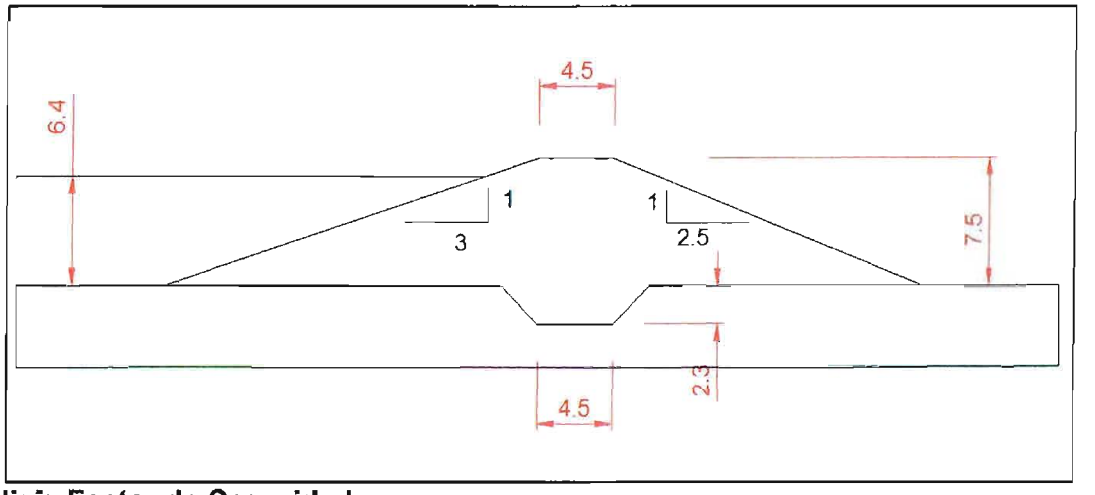
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 6,2 hm$^3$**

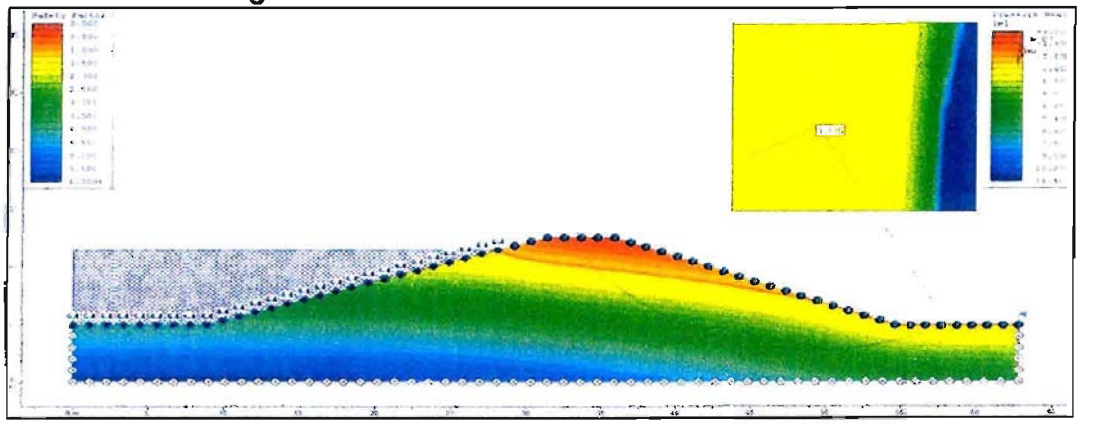
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #2:

# EMBALSE EN ESTERO PUQUIÑE

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN ESTERO PUQUIÑE (LR-101-03)"

**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 | 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** | **19** |
| 4.1. | OBRAS CIVILES | 19 |
| 4.1.1. | Embalse de Regulación | 19 |
| 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** | **33** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 33 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 33 |
| 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 Estero Puquiñe**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del estero Puquiñe comuna de Lanco, 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 Puquiñe actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría,no se encuentranregulados. 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 Puquiñe.

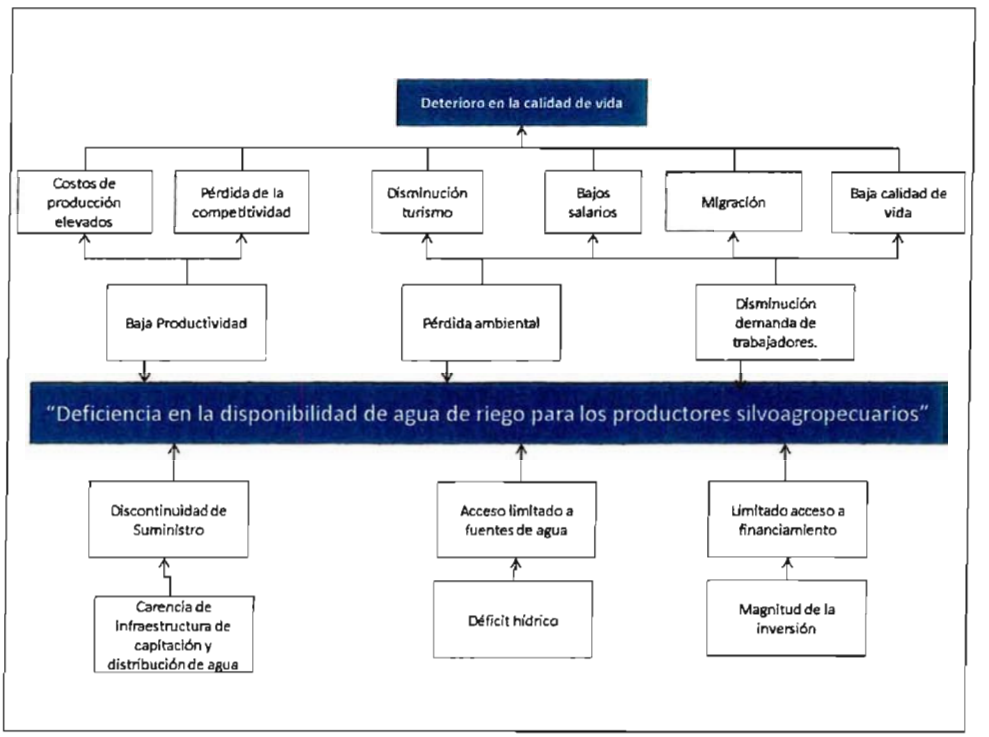
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del estero Puquiñe, existen 33.400 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 7.700 ha potenciales de frutales, 23.400 ha potenciales de praderas, y cerca de 2.300 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

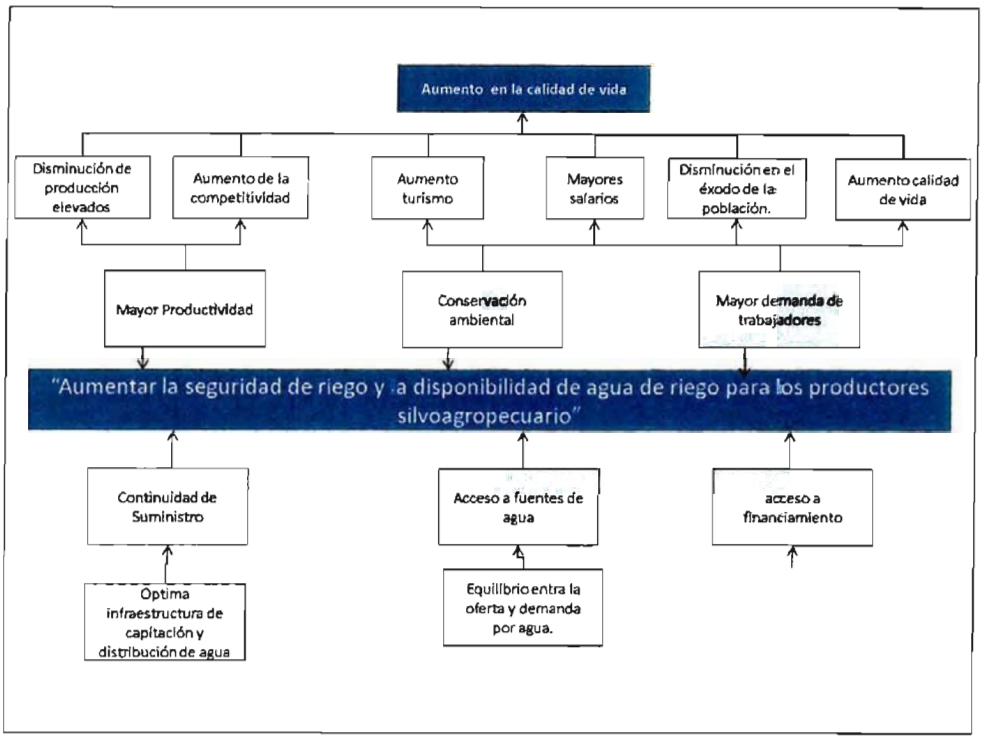



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles en los meses de Junio a Septiembre, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.

- Alternativa 2: 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 Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.627.441 N, 707.985 E) la que se caracteriza por poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca

perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frio, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frio, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo 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, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -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 (INIA, 1989).Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm. anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra, comprendiendo localidades como Lumaco, Puquiñe y Quilche. Corresponde a terrenos planos, actualmente la mayoría de ellos con empastadas, y algunos paños cultivados, existiendo también una gran cantidad de invernaderos. (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. 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 posible de riego para la obra en cuestión corresponde a 33.400 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 estudiose encuentra en la Comuna de Lanco y está compuesta por un total de 15.107 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Lanco** | 15.107 | 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 un69% de la población vive en la ciudad y el 31% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en elCuadro3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Lanco, considerando los indigentes y no indigentes, es de un 18,26 %, 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 | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86 | 23,14 | 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 Lanco | Región | País |
| Pobre Indigente | 1.180 | 734 | 500 | 3,04 | 6,11 | 3,74 |
| Pobre no Indigente | 4.118 | 2.774 | 2.502 | 15,22 | 14,33 | 11,38 |
| No Pobre | 9.805 | 11.696 | 13.437 | 81,74 | 79,56 | 84,88 |
| Total | 15.103 | 15.204 | 16.439 | 100 | 100 | 100 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, y 2009

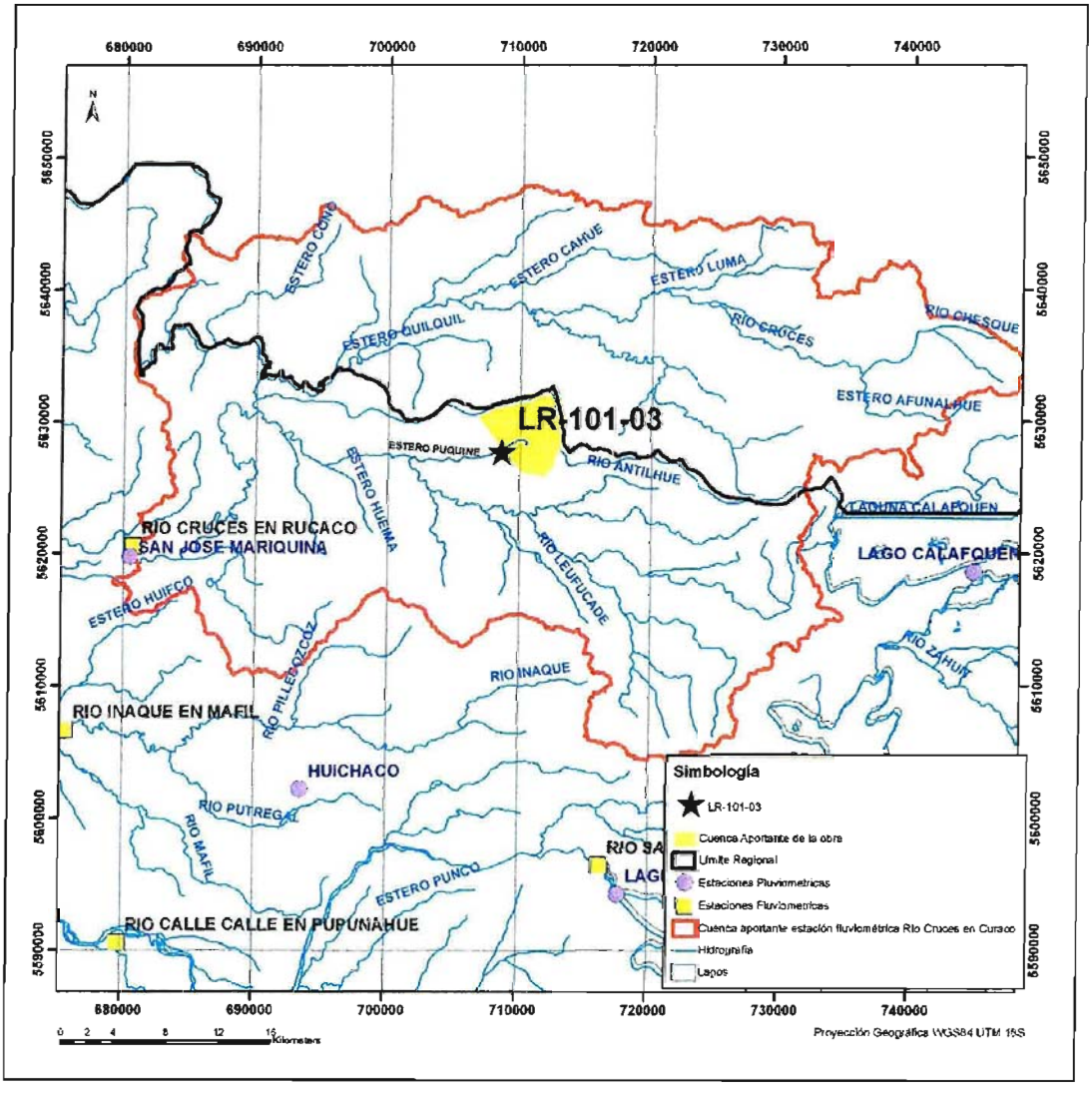
## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es nival con una precipitación media de 1.770 mm y un caudal medio de 1 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica San José de la Mariquina. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía, dado el tamaño reducido de la cuenca, por lo que no aconseja usar las mediciones fluviométricas de la estación Río Cruces en Curaco para transposición de caudales. 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.

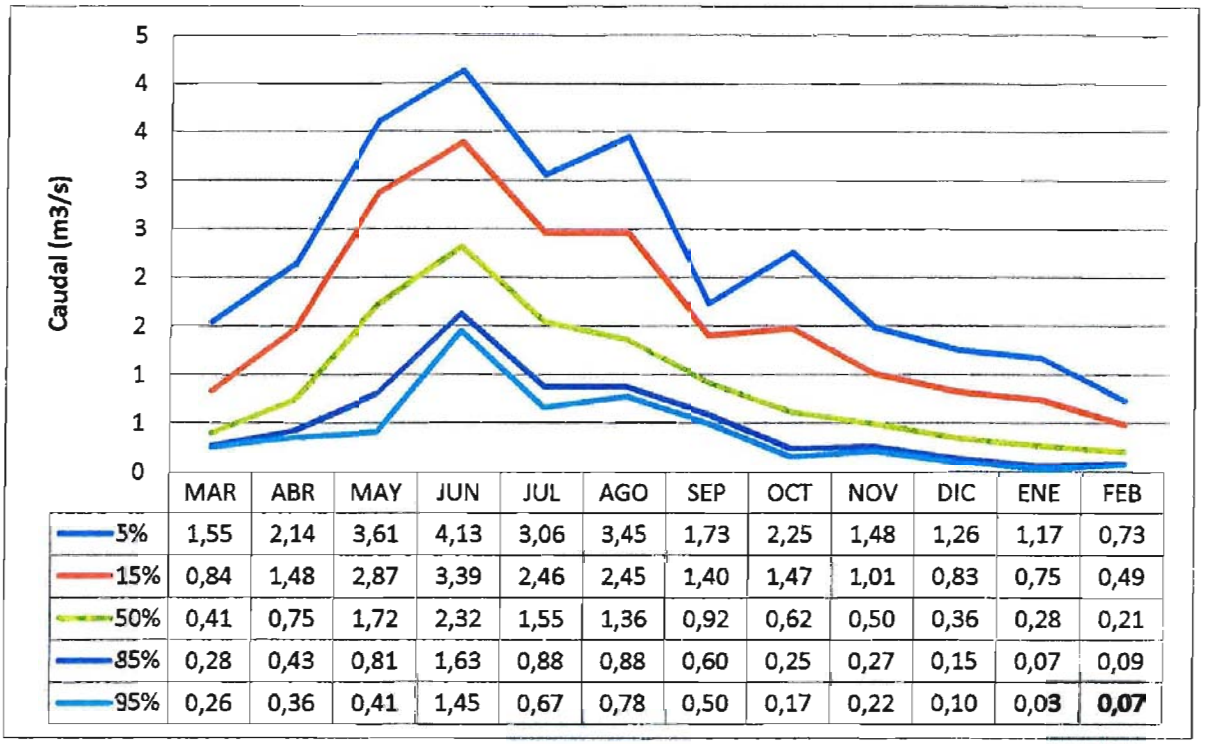
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

## FIGURA 3.4-1
## UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL




**Fuente:** Elaboración propia usando

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTERO PUQUIÑE**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 1,55 | 2,14 | 3,61 | 4,13 | 3,06 | 3,45 | 1,73 | 2,25 | 1,48 | 1,26 | 1,17 | 0,73 |
| 15% | 0,84 | 1,48 | 2,87 | 3,39 | 2,46 | 2,45 | 1,40 | 1,47 | 1,01 | 0,83 | 0,75 | 0,49 |
| 50% | 0,41 | 0,75 | 1,72 | 2,32 | 1,55 | 1,36 | 0,92 | 0,62 | 0,50 | 0,36 | 0,28 | 0,21 |
| 85% | 0,28 | 0,43 | 0,81 | 1,63 | 0,88 | 0,88 | 0,60 | 0,25 | 0,27 | 0,15 | 0,07 | 0,09 |
| 95% | 0,26 | 0,36 | 0,41 | 1,45 | 0,67 | 0,78 | 0,50 | 0,17 | 0,22 | 0,10 | 0,03 | 0,07 |

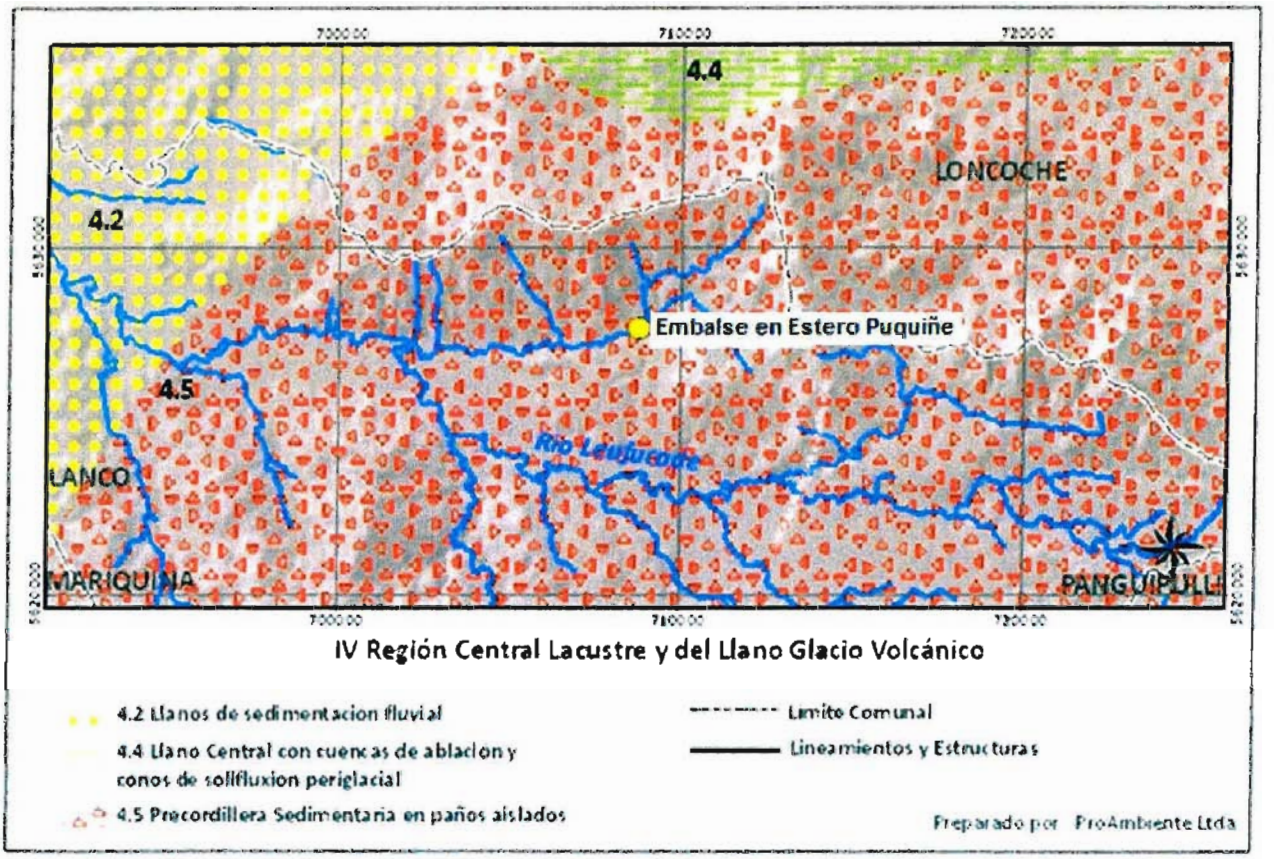
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### 3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

El sitio pertenece a la unidad 4.5 de la Precordillera sedimentaria en paños aislados. Prevalecen formas de acumulación de origen fluvial, glacial y volcánico sobre un basamento de rocas metamórficas.Las formas del relieve predominante son lomajes de gran curvatura externa, con procesos erosivos lineales en su periferia causada por el escurrimiento de quebradas y arroyos. Terrazas y planicies de dimensiones variadas se asocian a los sistemas de drenaje principal. Patrón estructural regional dominante NS, N30E y N60W. Foliación penetrativa N30E.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

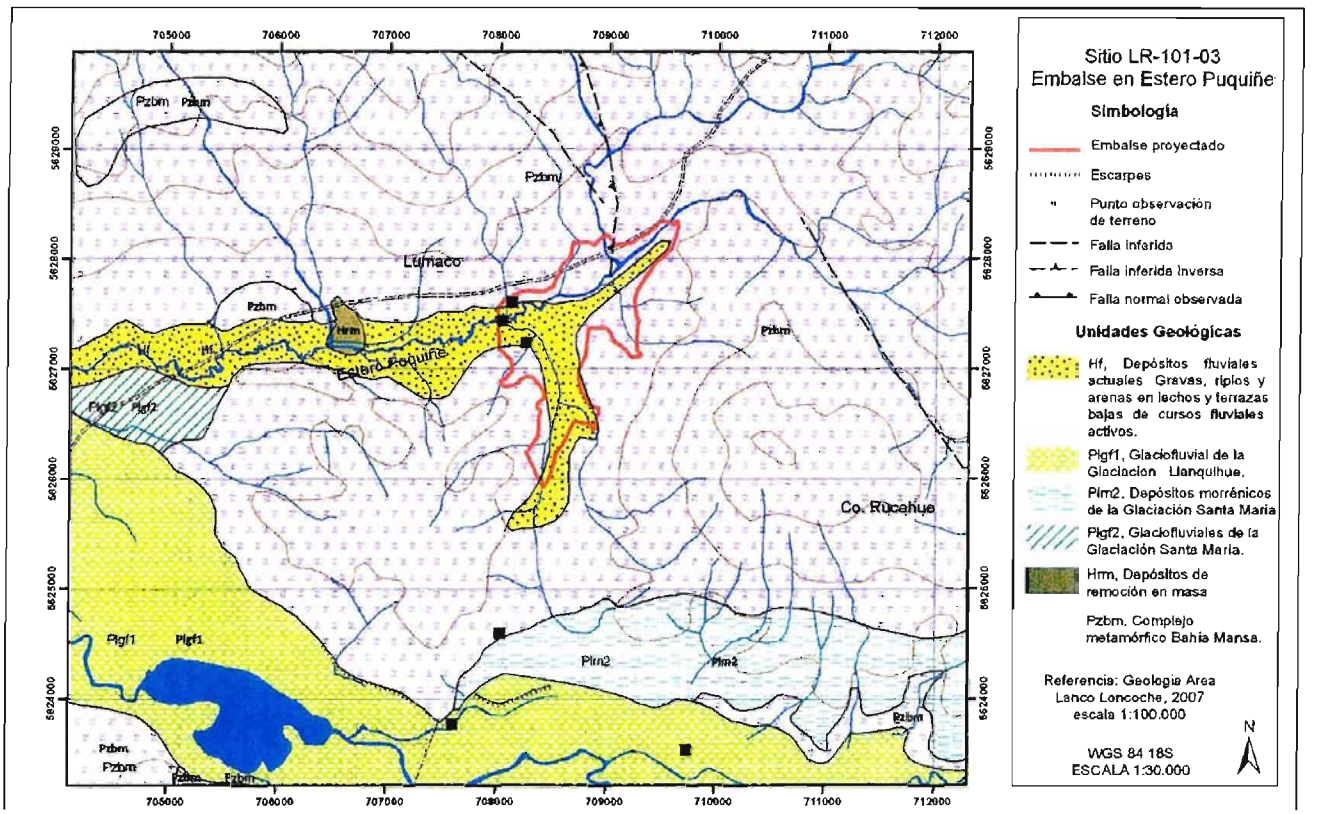



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Gravas y arenas fluviales recientes (Hf) de moderada a buena selección y redondeamiento. Definen nivel aterrazado asimétrico con respecto al curso actual del estero, siendo mayor su extensión hacia ladera sur. Su potencia varía entre 5 a2 m. Sobreyacen a rocas pertenecientes al Complejo Metamórfico de Bahía Mansa (PzTrbm), consistentes en esquistos micáceos y esquistos con núcleos de cuarzo lechoso, reconocibles en cortes de camino. Ambos estribos se apoyarían en esta unidad metamórfica. En el estribo derecho (norte) la roca se presenta blanda deleznable con núcleos de roca sanos y cubierta de suelos residuales pardo rojizos. Estribo izquierdo (sur) esquisto cuarcífero con foliación penetrativa N30E, roca dura.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**
**ALBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Rocas metamórficas esquistos micáceos con núcleos de cuarzo. En corte de camino aparece como roca blanda excavable mecánicamente con desarrollo de suelos residuales arcillosos pardo rojizos. | |
| Rocas metamórfica cuarcífera con núcleos de cuarzo.Ladera derecha, aguas arriba muro | |

**FIGURA 3.5-2-2**
**ALBUM FOTOGRÁFICO**

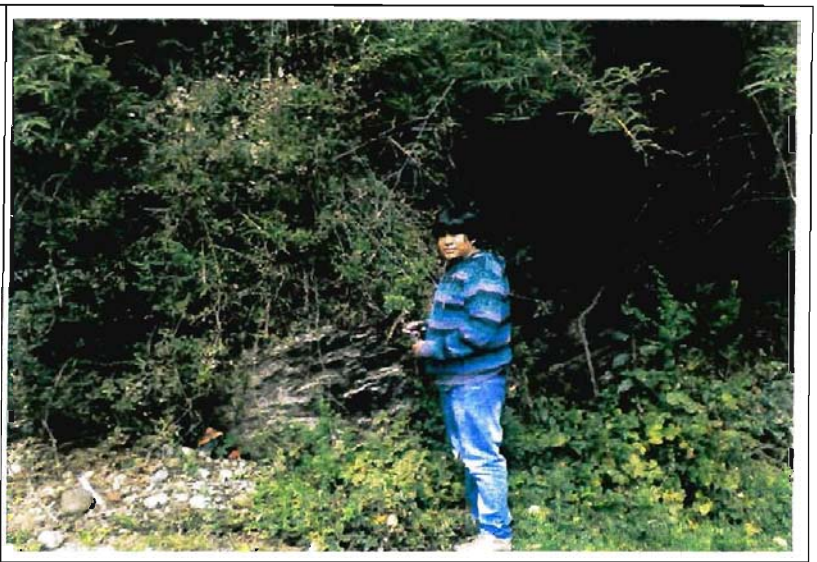
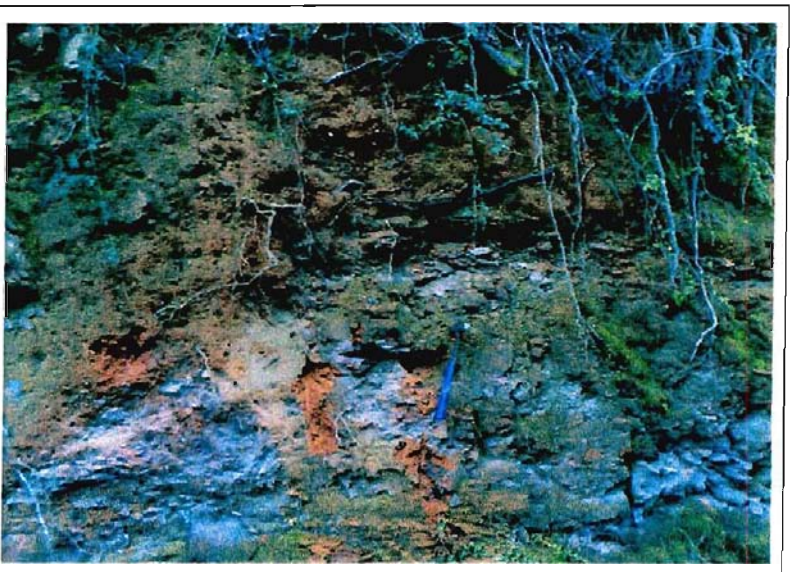
| | |
|---|---|
| Rx metamórficas en ambos lados del muro. Mejor calidad geotécnica en apoyo sur.N30E/10S(foliación penetrativa) |  |
| Ladera derecha: talud de camino muestra núcleos de rocas metamórficas menos descompuestas inmersos en sectores arcillosos deleznables | |

**FIGURA 3.5-2-2**
**ALBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Detalle de suelos residuales arcillosos micáceos derivados de la descomposición de las rocas metamórficas basales. Blandos, deleznables |  |
| Vista estero en puente con talud < 5m de altura y explanada occidental | |

**Fuente:**Proambiente (2012)

### 3.5.3 Aspectos Geotécnicos

En gran parte las rocas y sedimentos son excavables mecánicamente. Sistema de foliación N30E penetrativa, define roca de moderada dureza (GSI); Arenas y gravas recientes de buena permeabilidad.

## 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 1LR, 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 33.400 ha, dentro de una envolvente de 91,7 ha..

## CUADRO 3.6.1-1
## USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 0.9 | 48.9 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0.8 | 42.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.2 | 9.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | 1.8 | 100.0 |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 2.0 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 167.8 | 25.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 2.6 | 0.4 |
| Cereales y barbecho | 5.9 | 0.9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 476.5 | 72.4 |
| Forrajeras anuales | 3.3 | 0.5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **658.2** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 1.8 | 0.2 |
| Subtotal Secano | 658.2 | 87.6 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | **91.7** | **12.2** |
| **TOTAL** | **751.7** | **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. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie máxima de 33.400 ha.

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

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 320 ha con un embalse de tamaño 3,0 hm³.
- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 3,0; 3,6 y 6,2 hm³, los que permiten el riego de 500, 580 y 660 ha, respectivamente.

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

| Ítem | Con Restricción de Derechos | | Sin Restricción de Derechos 1 | | Sin Restricción de Derechos 2 | | Sin Restricción de Derechos 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 160 | 50.0 | 250.0 | 50.0 | 290.0 | 50.0 | 330.0 | 50.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 121.6 | 38.0 | 190.0 | 38.0 | 220.4 | 38.0 | 250.8 | 38.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 38.4 | 12.0 | 60.0 | 12.0 | 69.6 | 12.0 | 79.2 | 12.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | 320.0 | 100.0 | **500.0** | **100.0** | **580.0** | **100.0** | **660.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 1.0 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.0 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 86.7 | 25.5 | 40.8 | 25.5 | 20.4 | 25.5 | 0.0 | 25.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1.4 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| Cereales y barbecho | 3.1 | 0.9 | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 0.9 | 0.0 | 0.9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 246.2 | 72.4 | 115.8 | 72.4 | 57.9 | 72.4 | 0.0 | 72.4 |
| Forrajeras anuales | 1.7 | 0.5 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.0 | 0.5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **340.0** | **100.0** | **160.0** | **100.0** | **80.0** | **100.0** | **0.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 320.0 | 42.6 | 500.0 | 66.5 | 580.0 | 77.2 | 660.0 | 87.8 |
| Subtotal Secano | 340.0 | 45.2 | 160.0 | 21.3 | 80.0 | 10.6 | 0.0 | 0.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | **91.7** | **12.2** | 91.7 | 12.2 | 91.7 | 12.2 | 91.7 | 12.2 |
| **TOTAL** | **751.7** | **100.0** | **751.7** | **100.0** | **751.7** | **100.0** | 751.7 | **100.0** |

**Fuente:** Ver Anexo C y D

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

### 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 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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:

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

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

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

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

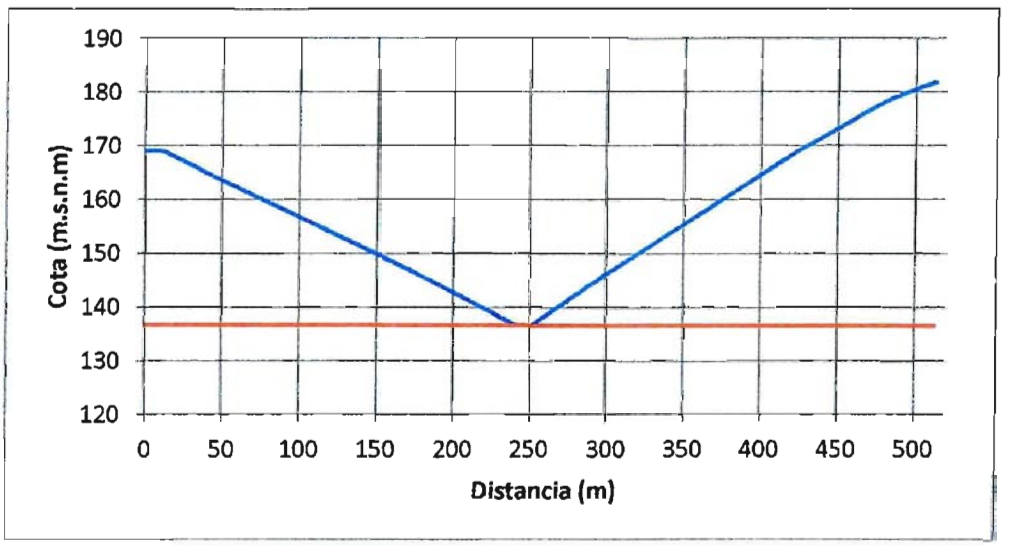
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.6.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 3,0; 3,6 y 4,2 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**



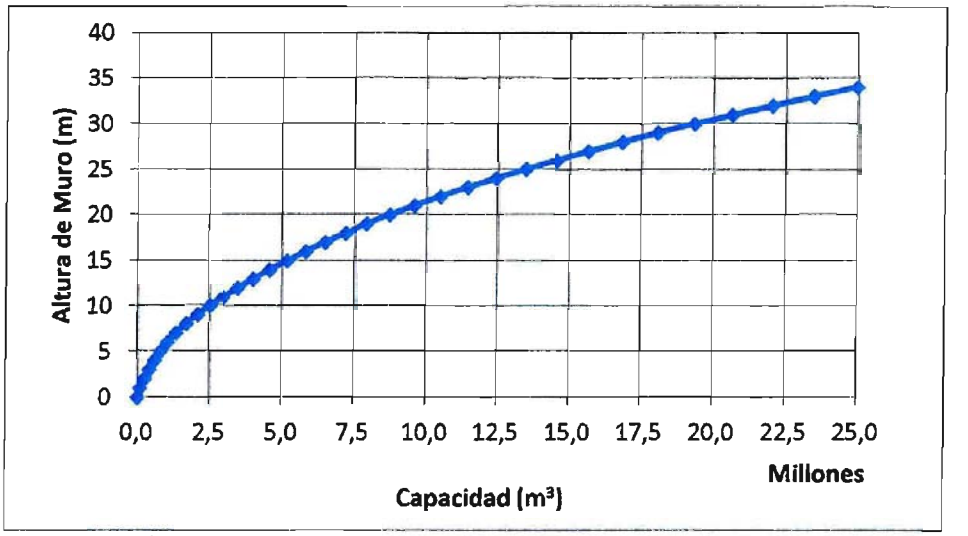

**Fuente:** Elaboración propia

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.

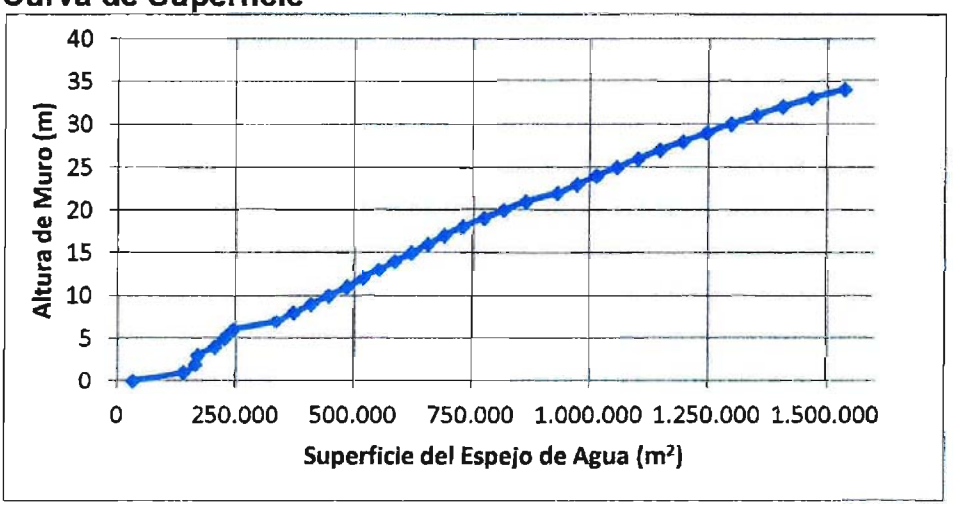
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

## FIGURA 4.1.1-2
## CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE

### a) Curva de Volumen

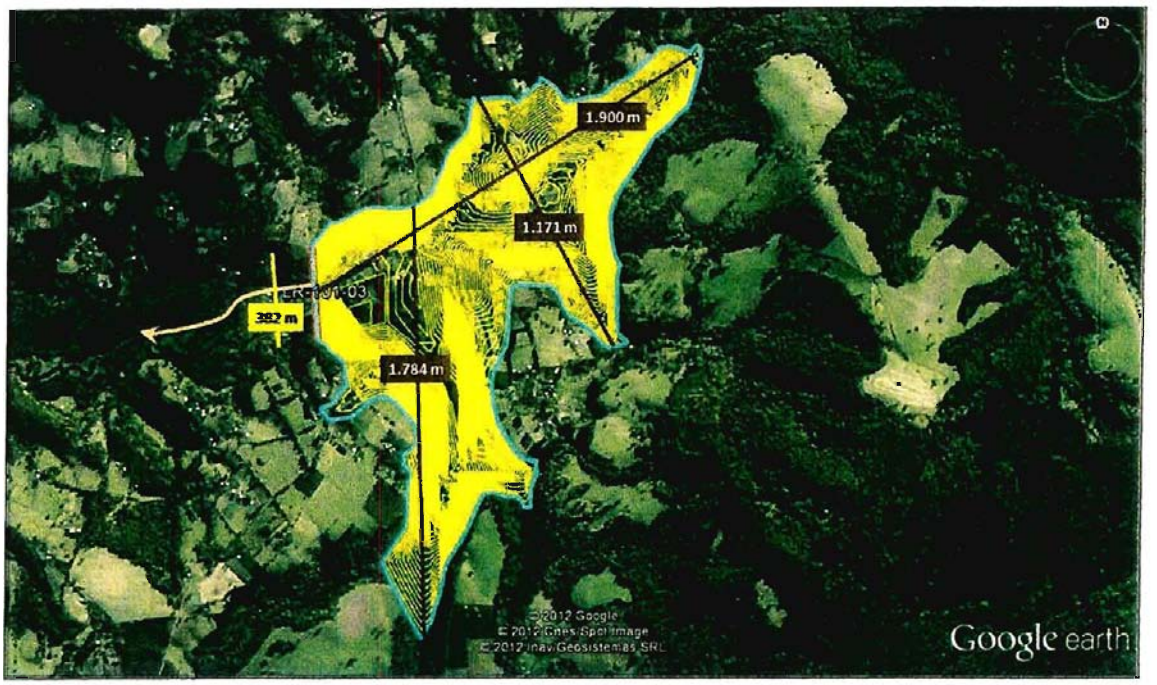



### b) Curva de Superficie




**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 consideróque las revanchas fueran de al menos un 15%, debido a quelos cálculosrealizados 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.

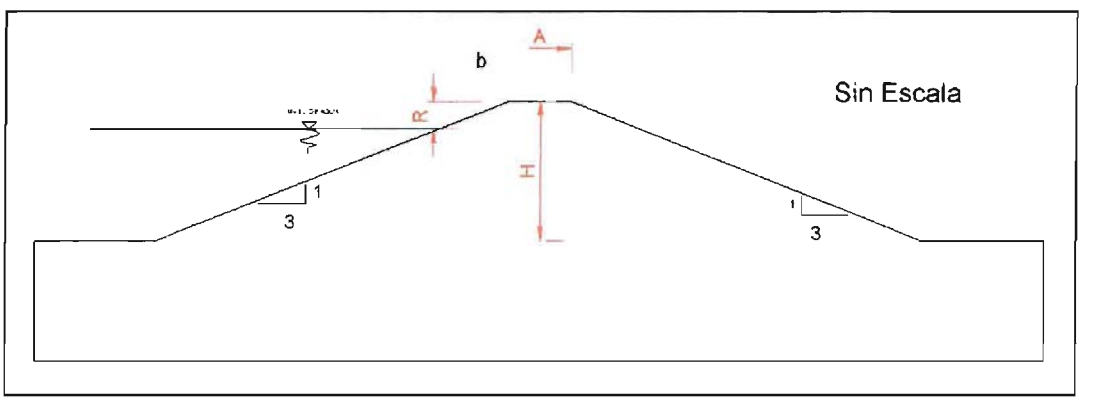
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Aguas Arriba | Aguas Abajo |
| 3,0 | 11,5 | 13,5 | 146,5 | 6,0 | 3,0 | 2,5 |
| 3,6 | 12,9 | 15,0 | 148,0 | 6,0 | 3,0 | 2,5 |
| 4,2 | 14,3 | 16,5 | 149,5 | 6,5 | 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** | 1,295 |
| **4,2** | 1,203 |

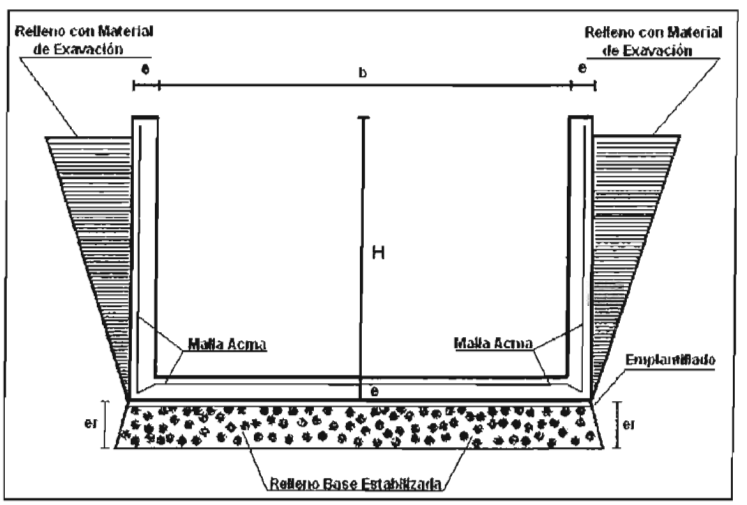
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

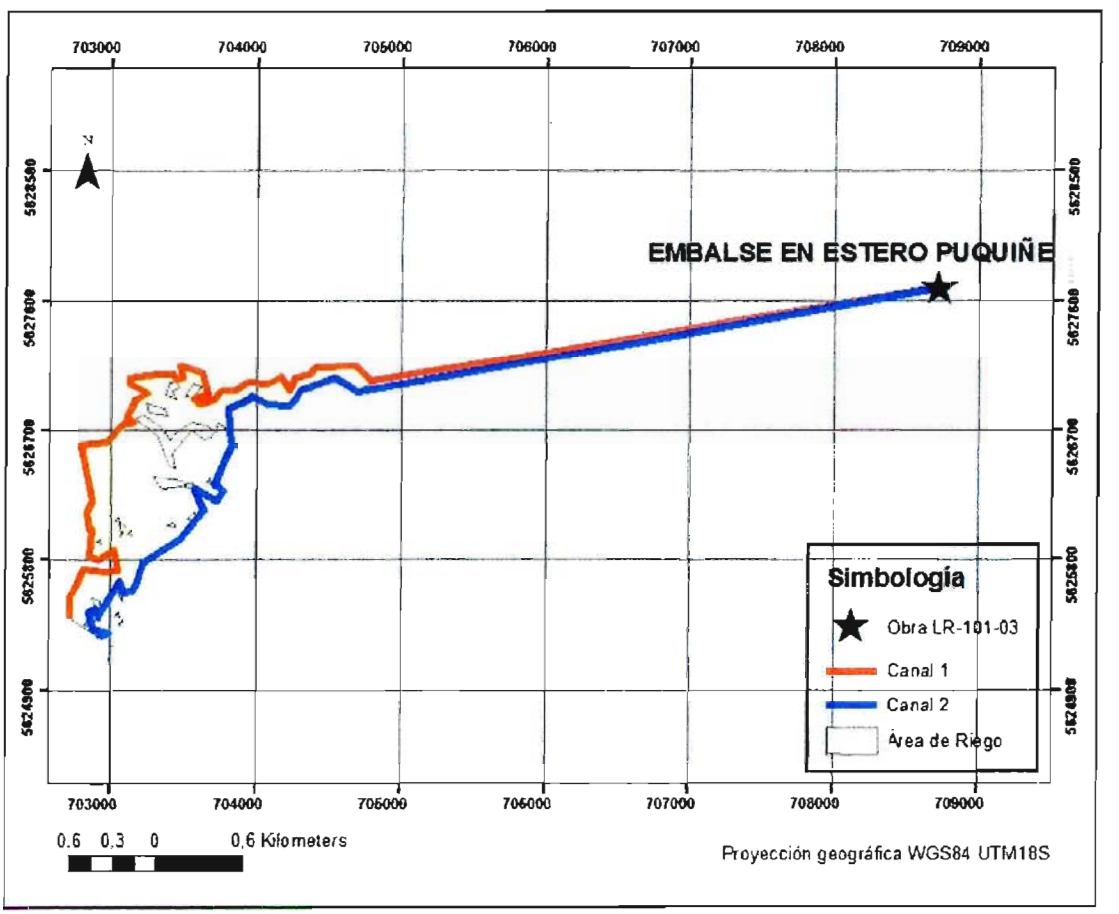
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| Alternativa | 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 | 3,0 | 530 | 5,80 | 5,95 | 350 | 0,8 | 0,7 | 15 | 15 |
| 2 | 3,0 | 530 | 5,80 | 5,95 | 350 | 0,8 | 0,7 | 15 | 15 |
| | 3,6 | 620 | 6,08 | 6,30 | 450 | 0,9 | 0,7 | 15 | 15 |
| | 4,2 | 700 | 6,18 | 6,33 | 600 | 1,0 | 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 2,1 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

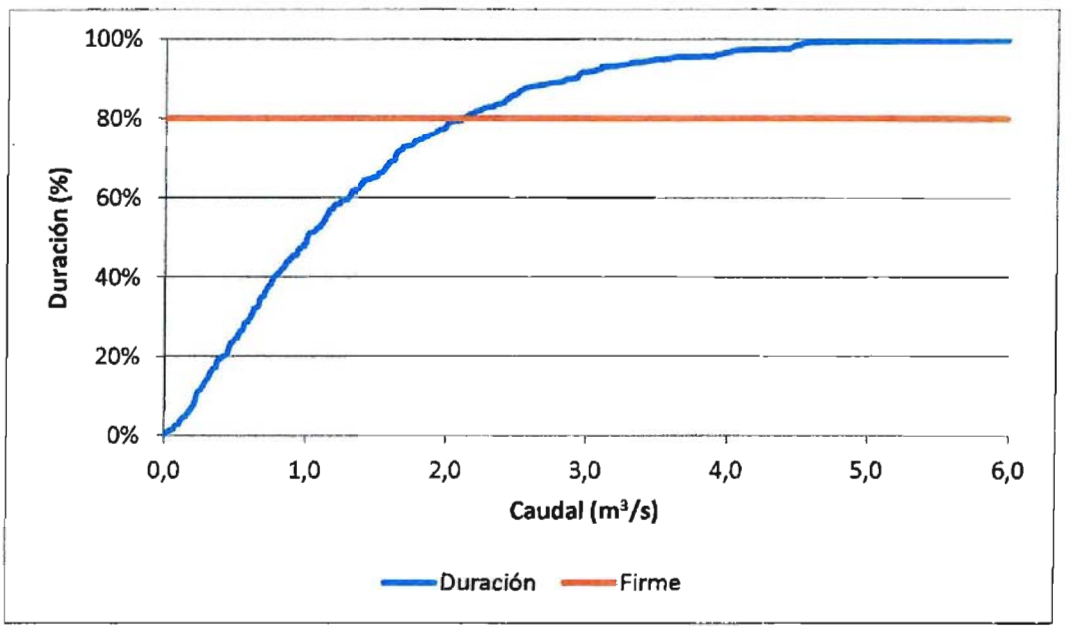
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | H Total Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|---|
| **1** | **3,0** | 11,4 | 185 | 124,6 |
| **2** | **3,0** | 11,5 | 185 | 276,5 |
| | **3,6** | 12,9 | 209 | 257,9 |
| | **4,2** | 14,3 | 231 | 239,1 |

**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= 13,5 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 12.182 | 1.500 | 1.320 | 18.273.000 | 16.080.240 |
| m³ | Excavaciones | 4.023 | 5.000 | 4.800 | 20.115.000 | 19.310.400 |
| m³ | Relleno de la presa | 28.190 | 4.000 | 3.840 | 112.760.000 | 108.249.600 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 1.687 | 50.000 | 48.000 | 84.350.000 | 80.976.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 4.050 | 3.500 | 3.430 | 14.175.000 | 13.891.500 |
| **Total Muro** | | | | | **249.673.000** | **238.507.740** |
| **Volumen = 3,6 hm³ / h=15,0 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 12.788 | 1.500 | 1.320 | 19.182.027 | 16.880.184 |
| m³ | Excavaciones | 4.757 | 5.000 | 4.800 | 23.783.250 | 22.831.920 |
| m³ | Relleno de la presa | 39.827 | 4.000 | 3.840 | 159.306.600 | 152.934.336 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 2.132 | 50.000 | 48.000 | 106.590.650 | 102.327.024 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 5.116 | 3.500 | 3.430 | 17.907.229 | 17.549.085 |
| **Total Muro** | | | | | **326.769.756** | **312.522.548** |
| **Volumen = 4,2 hm³ / h=16,5 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 14.411 | 1.500 | 1.320 | 21.616.127 | 19.022.191 |
| m³ | Excavaciones | 5.862 | 5.000 | 4.800 | 29.310.462 | 28.138.044 |
| m³ | Relleno de la presa | 55.347 | 4.000 | 3.840 | 221.388.370 | 212.532.835 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 2.722 | 50.000 | 48.000 | 136.084.050 | 130.640.688 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 6.532 | 3.500 | 3.430 | 22.862.120 | 22.404.878 |
| **Total Muro** | | | | | **431.261.129** | **412.738.636** |

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

| Alternativa 1: Volumen = 3,0 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 684 | 12.594 | 11.335 | 8.614.296 | 7.752.866 |
| m³ | Hormigón H-30 | 1.887 | 99.523 | 94.547 | 187.829.758 | 178.438.270 |
| m² | Malla Acma C-295 | 12.582 | 7.877 | 7.719 | 99.108.414 | 97.126.246 |
| m² | Moldajes 3 usos | 5.903 | 8.834 | 7.951 | 52.144.157 | 46.929.742 |
| m² | Aplicación Antisol | 3.728 | 255 | 230 | 950.640 | 855.576 |
| m | Juntas de dilatación | 2.237 | 5.994 | 5.395 | 13.407.379 | 12.066.641 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **362.054.644** | **343.169.341** |
| **Alternativa 2: Volumen =3,0 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.638 | 12.594 | 11.335 | 20.628.972 | 18.566.075 |
| m³ | Hormigón H-30 | 4.142 | 99.523 | 94.547 | 412.211.826 | 391.601.234 |
| m² | Malla Acma C-295 | 27.613 | 7.877 | 7.719 | 217.503.663 | 213.153.589 |
| m² | Moldajes 3 usos | 12.142 | 8.834 | 7.951 | 107.259.483 | 96.533.535 |
| m² | Aplicación Antisol | 9.400 | 255 | 230 | 2.397.000 | 2.157.300 |
| m | Juntas de dilatación | 5.170 | 5.994 | 5.395 | 30.988.980 | 27.890.082 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **790.989.923** | **749.901.815** |
| **Alternativa 2: Volumen =3,6 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.930 | 12.594 | 11.335 | 24.306.420 | 21.875.778 |
| m³ | Hormigón H-30 | 4.550 | 99.523 | 94.547 | 452.794.817 | 430.155.076 |
| m² | Malla Acma C-295 | 30.331 | 7.877 | 7.719 | 238.917.287 | 234.138.941 |
| m² | Moldajes 3 usos | 12.793 | 8.834 | 7.951 | 113.010.417 | 101.709.376 |
| m² | Aplicación Antisol | 11.142 | 255 | 230 | 2.841.210 | 2.557.089 |
| m | Juntas de dilatación | 5.695 | 5.994 | 5.395 | 34.134.631 | 30.721.168 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **866.004.782** | **821.157.428** |
| **Alternativa 2: Volumen =4,2 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.157 | 12.594 | 11.335 | 27.165.258 | 24.448.732 |
| m³ | Hormigón H-30 | 5.160 | 99.523 | 94.547 | 513.576.001 | 487.897.201 |
| m² | Malla Acma C-295 | 34.403 | 7.877 | 7.719 | 270.988.493 | 265.568.723 |
| m² | Moldajes 3 usos | 14.595 | 8.834 | 7.951 | 128.932.230 | 116.039.007 |
| m² | Aplicación Antisol | 12.510 | 255 | 230 | 3.190.050 | 2.871.045 |
| m | Juntas de dilatación | 6.505 | 5.994 | 5.395 | 38.992.169 | 35.092.952 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **982.844.200** | **931.917.660** |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,0 | 185 | 447.154.250 | 19.792 | 925.000 |
| 2 | 3,0 | 185 | 447.154.250 | 19.792 | 925.000 |
| | 3,6 | 209 | 505.163.450 | 22.360 | 1.045.000 |
| | 4,2 | 231 | 558.338.550 | 24.714 | 1.155.000 |

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** | 3,0 | 52,7 | 238.121.893,0 |
| **Muro 1** | 3,0 | 52,7 | 238.121.893,0 |
| **Muro 2** | 3,6 | 58,0 | 262.069.636,0 |
| **Muro 3** | 4,2 | 63,0 | 284.661.846,0 |

**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 = 3,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 249.673.000 | 238.507.740 |
| Obra de Desvío | 24.967.300 | 23.850.774 |
| Obra de Toma | 12.483.650 | 11.925.387 |
| Vertedero | 87.385.550 | 83.477.709 |
| Sistema de Distribución | 362.054.644 | 343.169.341 |
| Caminos de Acceso | 24.967.300 | 23.850.774 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **771.531.444** | **734.781.725** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **462.918.867** | **440.869.035** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 447.154.250 | 447.154.250 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **447.154.250** | **447.154.250** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **156.503.988** | **156.503.988** |
| **EXPROPIACIONES** | **238.121.893** | **238.121.893** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **2.076.230.442** | **2.017.430.891** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **91.904** | **89.302** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **4.294.968** | **4.173.333** |

| Alternativa 2: Volumen = 3,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 249.673.000 | 238.507.740 |
| Obra de Desvío | 24.967.300 | 23.850.774 |
| Obra de Toma | 12.483.650 | 11.925.387 |
| Vertedero | 87.385.550 | 83.477.709 |
| Sistema de Distribución | 790.989.923 | 749.901.815 |
| Caminos de Acceso | 24.967.300 | 23.850.774 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.190.466.723** | **1.131.514.199** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **714.280.034** | **678.908.520** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 447.154.250 | 447.154.250 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **447.154.250** | **447.154.250** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **156.503.988** | **156.503.988** |
| **EXPROPIACIONES** | **238.121.893** | **238.121.893** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **2.746.526.888** | **2.652.202.850** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **121.575** | **117.400** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **5.681.568** | **5.486.446** |

| Alternativa 2: Volumen = 3,6 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 326.769.756 | 312.522.548 |

## CUADRO 5.5-1
## RESUMEN DE COSTOS

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 32.676.976 | 31.252.255 |
| **Obra de Toma** | 16.338.488 | 15.626.127 |
| **Vertedero** | 114.369.415 | 109.382.892 |
| **Sistema de Distribución** | 866.004.782 | 821.157.428 |
| **Caminos de Acceso** | 32.676.976 | 31.252.255 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.388.836.392** | **1.321.193.505** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **833.301.835** | **792.716.103** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 505.163.450 | 505.163.450 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **505.163.450** | **505.163.450** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **176.807.208** | **176.807.208** |
| **EXPROPIACIONES** | **262.069.636** | **262.069.636** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **3.166.178.521** | **3.057.949.902** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **140.151** | **135.360** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **6.549.675** | **6.325.790** |

**Alternativa 2: Volumen = 4,2 hm$^3$**

| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
|---|---|---|
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 431.261.129 | 412.738.636 |
| **Obra de Desvío** | 43.126.113 | 41.273.864 |
| **Obra de Toma** | 21.563.056 | 20.636.932 |
| **Vertedero** | 150.941.395 | 144.458.523 |
| **Sistema de Distribución** | 982.844.200 | 931.917.660 |
| **Caminos de Acceso** | 43.126.113 | 41.273.864 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.672.862.007** | **1.592.299.477** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **1.003.717.204** | **955.379.686** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 558.338.550 | 558.338.550 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **558.338.550** | **558.338.550** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **195.418.493** | **195.418.493** |
| **EXPROPIACIONES** | **284.661.846** | **284.661.846** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **3.714.998.099** | **3.586.098.052** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **164.444** | **158.739** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **7.684.984** | **7.418.337** |

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.Finalmente, se considera la evolución de la edad de los frutales y la renovación al terminar su edad productiva.

[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 | 79.710.131.786 | 79.710.131.786 | 0 | 79.710.131.786 | 0 | 79.710.131.786 | 0 | 79.710.131.786 | 0 |
| 1 | 93.561.056.811 | 703.722.602 | -92.857.334.209 | 1.352.926.335 | -92.208.130.476 | 1.641.461.327 | -91.919.595.483 | 1.929.996.320 | -91.631.060.491 |
| 2 | 93.561.056.811 | 835.797.769 | -92.725.259.042 | 1.484.282.834 | -92.076.773.977 | 1.772.498.419 | -91.788.558.392 | 2.060.714.003 | -91.500.342.807 |
| 3 | 93.561.056.811 | 1.054.337.877 | -92.506.718.933 | 1.701.633.789 | -91.859.423.022 | 1.989.320.860 | -91.571.735.950 | 2.277.007.932 | -91.284.048.879 |
| 4 | 93.561.056.811 | 1.075.777.196 | -92.485.279.615 | 1.722.956.448 | -91.838.100.363 | 2.010.591.671 | -91.550.465.139 | 2.298.226.894 | -91.262.829.916 |
| 5 | 93.561.056.811 | 1.062.007.343 | -92.499.049.468 | 1.709.172.181 | -91.851.884.629 | 1.996.800.998 | -91.564.255.812 | 2.284.429.815 | -91.276.626.995 |
| 6 | -79.715.309.938 | -794.135.344 | 78.921.174.594 | -1.207.519.221 | 78.507.790.717 | -1.391.245.389 | 78.324.064.550 | -1.574.971.556 | 78.140.338.382 |
| 7 | -9.899.157.687 | -59.176.927 | 9.839.980.760 | -105.997.251 | 9.793.160.436 | -126.806.284 | 9.772.351.403 | -147.615.317 | 9.751.542.370 |
| 8 | -16.771.513.205 | -89.236.161 | 16.682.277.044 | -157.077.034 | 16.614.436.171 | -187.228.533 | 16.584.284.672 | -217.380.032 | 16.554.133.173 |
| 9 | 335.682.223 | 96.065.581 | -239.616.642 | 133.095.265 | -202.586.958 | 149.552.901 | -186.129.321 | 166.010.538 | -169.671.685 |
| 10 | 23.087.456.134 | 348.675.665 | -22.738.780.468 | 535.297.541 | -22.552.158.593 | 618.240.597 | -22.469.215.537 | 701.183.653 | -22.386.272.481 |
| 11 | 51.820.108.094 | 657.650.966 | -51.162.457.128 | 1.025.284.205 | -50.794.823.888 | 1.188.676.756 | -50.631.431.337 | 1.352.069.307 | -50.468.038.786 |
| 12 | 61.898.103.768 | 764.559.187 | -61.133.544.580 | 1.200.243.275 | -60.697.860.493 | 1.393.880.647 | -60.504.223.121 | 1.587.518.019 | -60.310.585.749 |
| 13 | 79.710.131.786 | 958.643.193 | -78.751.488.592 | 1.510.500.553 | -78.199.631.233 | 1.755.770.490 | -77.954.361.295 | 2.001.040.428 | -77.709.091.358 |
| 14 | 93.561.056.811 | 1.105.967.467 | -92.455.089.343 | 1.753.263.379 | -91.807.793.432 | 2.040.950.450 | -91.520.106.360 | 2.328.637.522 | -91.232.419.289 |
| 15 | 93.561.056.811 | 1.127.406.786 | -92.433.650.025 | 1.774.586.038 | -91.786.470.773 | 2.062.221.261 | -91.498.835.549 | 2.349.856.484 | -91.211.200.326 |
| 16 | 93.561.056.811 | 1.130.055.748 | -92.431.001.062 | 1.777.220.587 | -91.783.836.224 | 2.064.849.404 | -91.496.207.407 | 2.352.478.221 | -91.208.578.590 |
| 17 | 93.617.199.191 | 1.206.226.281 | -92.410.972.910 | 1.853.351.912 | -91.763.847.279 | 2.140.963.303 | -91.476.235.887 | 2.428.574.695 | -91.188.624.496 |
| 18 | 93.574.753.159 | 1.174.402.021 | -92.400.351.138 | 1.821.469.855 | -91.753.283.304 | 2.109.055.559 | -91.465.697.600 | 2.396.641.263 | -91.178.111.896 |
| 19 | -79.756.985.925 | -703.700.249 | 79.053.285.676 | -1.117.177.172 | 78.639.808.753 | -1.300.944.693 | 78.456.041.232 | -1.484.712.214 | 78.272.273.711 |
| 20 | -9.899.522.443 | -53.063.763 | 9.846.458.681 | -99.919.335 | 9.799.603.108 | -120.744.035 | 9.778.778.409 | -141.568.734 | 9.757.953.710 |
| 21 | -16.776.338.439 | -103.702.555 | 16.672.635.884 | -171.543.428 | 16.604.795.012 | -201.694.927 | 16.574.643.513 | -231.846.426 | 16.544.492.013 |
| 22 | 322.350.631 | 69.911.310 | -252.439.321 | 106.940.993 | -215.409.638 | 123.398.630 | -198.952.001 | 139.856.267 | -182.494.364 |
| 23 | 23.077.814.974 | 321.916.735 | -22.755.898.239 | 508.614.443 | -22.569.200.531 | 591.591.202 | -22.486.223.772 | 674.567.962 | -22.403.247.012 |
| 24 | 51.820.108.094 | 631.387.705 | -51.188.720.388 | 999.163.853 | -50.820.944.241 | 1.162.619.918 | -50.657.488.176 | 1.326.075.984 | -50.494.032.110 |
| 25 | 61.898.103.768 | 730.101.991 | -61.168.001.776 | 1.165.973.572 | -60.732.130.195 | 1.359.694.275 | -60.538.409.493 | 1.553.414.978 | -60.344.688.790 |
| 26 | 79.710.131.786 | 957.952.326 | -78.752.179.460 | 1.509.813.444 | -78.200.318.341 | 1.755.085.052 | -77.955.046.733 | 2.000.356.661 | -77.709.775.125 |
| 27 | 93.561.056.811 | 1.130.055.748 | -92.431.001.062 | 1.777.220.587 | -91.783.836.224 | 2.064.849.404 | -91.496.207.407 | 2.352.478.221 | -91.208.578.590 |
| 28 | 93.617.199.191 | 1.206.226.281 | -92.410.972.910 | 1.853.351.912 | -91.763.847.279 | 2.140.963.303 | -91.476.235.887 | 2.428.574.695 | -91.188.624.496 |
| 29 | 93.574.753.159 | 1.174.402.021 | -92.400.351.138 | 1.821.469.855 | -91.753.283.304 | 2.109.055.559 | -91.465.697.600 | 2.396.641.263 | -91.178.111.896 |
| 30 | 93.575.523.204 | 1.181.649.987 | -92.393.873.217 | 1.828.682.572 | -91.746.840.632 | 2.116.252.610 | -91.459.270.594 | 2.403.822.648 | -91.171.700.556 |

**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 | 101.575.209.274 | 101.575.209.274 | 0 | 101.575.209.274 | 0 | 101.575.209.274 | 0 | 101.575.209.274 | 0 |
| 1 | 119.586.717.579 | 677.697.960 | -118.909.019.619 | 1.348.414.464 | -118.238.303.115 | 1.646.510.688 | -117.940.206.891 | 1.944.606.912 | -117.642.110.667 |
| 2 | 119.586.717.579 | 1.049.852.110 | -118.536.865.470 | 1.837.025.883 | -117.749.691.697 | 2.186.880.893 | -117.399.836.687 | 2.536.735.903 | -117.049.981.677 |
| 3 | 119.586.717.579 | 1.321.099.960 | -118.265.617.619 | 2.106.797.777 | -117.479.919.802 | 2.455.996.807 | -117.130.720.773 | 2.805.195.837 | -116.781.521.743 |
| 4 | 119.586.717.579 | 1.339.762.231 | -118.246.955.349 | 2.125.358.500 | -117.461.359.080 | 2.474.512.397 | -117.112.205.182 | 2.823.666.295 | -116.763.051.285 |
| 5 | 119.586.717.579 | 1.326.768.031 | -118.259.949.548 | 2.112.345.666 | -117.474.371.914 | 2.461.491.281 | -117.125.226.298 | 2.810.636.896 | -116.776.080.683 |
| 6 | -76.233.605.915 | 1.288.215.753 | 77.521.821.667 | 2.073.747.622 | 78.307.353.536 | 2.422.872.897 | 78.656.478.811 | 2.771.998.172 | 79.005.604.086 |
| 7 | -9.016.581.924 | -617.248.944 | 8.399.332.980 | -1.011.874.097 | 8.004.707.827 | -1.187.263.054 | 7.829.318.870 | -1.362.652.011 | 7.653.929.913 |
| 8 | -11.888.960.473 | -18.993.509 | 11.869.966.965 | -60.708.482 | 11.828.251.991 | -79.248.471 | 11.809.712.003 | -97.788.459 | 11.791.172.014 |
| 9 | 9.896.798.372 | -18.271.317 | -9.915.069.689 | -59.848.611 | -9.956.646.984 | -78.327.409 | -9.975.125.781 | -96.806.206 | -9.993.604.578 |
| 10 | 36.276.618.500 | 209.357.156 | -36.067.261.344 | 297.341.347 | -35.979.277.153 | 336.445.432 | -35.940.173.068 | 375.549.517 | -35.901.068.983 |
| 11 | 67.896.940.575 | 495.526.991 | -67.401.413.583 | 752.405.130 | -67.144.535.444 | 866.573.192 | -67.030.367.383 | 980.741.254 | -66.916.199.321 |
| 12 | 80.667.697.470 | 817.617.978 | -79.850.079.492 | 1.270.994.741 | -79.396.702.729 | 1.472.495.525 | -79.195.201.945 | 1.673.996.308 | -78.993.701.161 |
| 13 | 101.575.209.274 | 951.055.902 | -100.624.153.372 | 1.486.738.222 | -100.088.471.052 | 1.724.819.253 | -99.850.390.021 | 1.962.900.284 | -99.612.308.990 |
| 14 | 119.586.717.579 | 1.158.600.442 | -118.428.117.137 | 1.826.981.120 | -117.759.736.459 | 2.124.039.199 | -117.462.678.380 | 2.421.097.279 | -117.165.620.301 |
| 15 | 119.586.717.579 | 1.388.656.883 | -118.198.060.696 | 2.174.268.034 | -117.412.449.545 | 2.523.428.546 | -117.063.289.034 | 2.872.589.057 | -116.714.128.522 |
| 16 | 119.586.717.579 | 1.391.305.846 | -118.195.411.733 | 2.176.902.583 | -117.409.814.996 | 2.526.056.688 | -117.060.660.891 | 2.875.210.794 | -116.711.506.786 |
| 17 | 119.639.175.430 | 1.398.511.319 | -118.240.664.111 | 2.184.068.849 | -117.455.106.582 | 2.533.205.528 | -117.105.969.902 | 2.882.342.208 | -116.756.833.223 |
| 18 | 119.603.029.280 | 1.475.325.491 | -118.127.703.789 | 2.260.825.224 | -117.342.204.057 | 2.609.936.216 | -116.993.093.064 | 2.959.047.208 | -116.643.982.072 |
| 19 | -76.269.274.637 | 1.445.657.261 | 77.714.931.898 | 2.231.121.745 | 78.500.396.382 | 2.580.217.071 | 78.849.491.708 | 2.929.312.397 | 79.198.587.035 |
| 20 | -9.018.807.552 | -651.813.129 | 8.366.994.423 | -1.046.444.292 | 7.972.363.260 | -1.221.835.920 | 7.796.971.631 | -1.397.227.548 | 7.621.580.003 |
| 21 | -11.895.897.759 | -27.053.189 | 11.868.844.570 | -68.736.417 | 11.827.161.341 | -87.262.297 | 11.808.635.462 | -105.788.176 | 11.790.109.582 |
| 22 | 9.882.712.299 | -40.894.498 | -9.923.606.797 | -82.440.047 | -9.965.152.346 | -100.904.736 | -9.983.617.035 | -119.369.424 | -10.002.081.723 |
| 23 | 36.266.766.657 | 161.766.232 | -36.105.000.425 | 249.858.000 | -36.016.908.657 | 289.009.896 | -35.977.756.760 | 328.161.793 | -35.938.604.863 |
| 24 | 67.896.940.575 | 449.695.129 | -67.447.245.445 | 706.747.921 | -67.190.192.653 | 820.993.607 | -67.075.946.968 | 935.239.292 | -66.961.701.283 |
| 25 | 80.667.697.470 | 776.766.438 | -79.890.931.031 | 1.230.365.489 | -79.437.331.980 | 1.431.965.068 | -79.235.732.402 | 1.633.564.646 | -79.034.132.824 |
| 26 | 101.575.209.274 | 944.403.316 | -100.630.805.958 | 1.480.121.835 | -100.095.087.439 | 1.718.218.955 | -99.856.990.320 | 1.956.316.074 | -99.618.893.200 |
| 27 | 119.586.717.579 | 1.182.688.723 | -118.404.028.856 | 1.850.938.328 | -117.735.779.251 | 2.147.938.153 | -117.438.779.426 | 2.444.937.977 | -117.141.779.602 |
| 28 | 119.639.175.430 | 1.398.511.319 | -118.240.664.111 | 2.184.068.849 | -117.455.106.582 | 2.533.205.528 | -117.105.969.902 | 2.882.342.208 | -116.756.833.223 |
| 29 | 119.603.029.280 | 1.475.325.491 | -118.127.703.789 | 2.260.825.224 | -117.342.204.057 | 2.609.936.216 | -116.993.093.064 | 2.959.047.208 | -116.643.982.072 |
| 30 | 119.603.506.708 | 1.445.657.261 | -118.157.849.447 | 2.231.121.745 | -117.372.384.963 | 2.580.217.071 | -117.023.289.637 | 2.929.312.397 | -116.674.194.310 |

**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 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 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 UTILIDDES**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Privado | Social | Privado | Social |
| 1 | 3,0 | 655.162.880 | 626.579.814 | 579.287.431 | 549.070.946 |
| 2 | 3,0 | 639.162.880 | 610.579.814 | 1.265.583.878 | 1.199.842.905 |
| | 3,6 | 836.530.576 | 800.057.724 | 1.385.607.652 | 1.313.851.885 |
| | 4,2 | 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 UTILIDDES**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 3,0 | 185 | 603.658.238 |
| 2 | 3,0 | 185 | 603.658.238 |
| | 3,6 | 209 | 681.970.658 |
| | 4,2 | 231 | 753.757.043 |

**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, aunque la Tir es mayor para el embalse de 3,6 $hm^3$. Por otra parte, para el caso con generación hidroeléctrica, el

proyecto es rentable tanto a precios privados como sociales. La evaluación se presenta en el Anexo F.

**CUADRO 6.5-1**
**RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Sin Hidrogeneración | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 3,0 | -498,7 | -0,40 | 10,1% | 3.669,2 | 3,12 | 13,5% |
| 2 | 3,0 | -259,6 | -0,14 | 11,4% | 6.430,3 | 3,55 | 14,8% |
| | 3,6 | -198,9 | -0,09 | 11,6% | 7.608,4 | 3,60 | 15,0% |
| | 4,2 | -289,4 | -0,11 | 11,5% | 8.635,0 | 3,39 | 14,8% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | | |
| Alternativa | Volumen (hm3) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 3,0 | -1.101,0 | -0,60 | 8,5% | 3.079,5 | 1,73 | 11,5% |
| 2 | 3,0 | -806,9 | -0,32 | 10,2% | 5.934,4 | 2,46 | 13,3% |
| | 3,6 | -836,9 | -0,29 | 10,4% | 7.014,5 | 2,51 | 13,5% |
| | 4,2 | -1.011,2 | -0,29 | 10,3% | 7.950,3 | 2,41 | 13,4% |

**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 4,2$hm^3$, 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 660 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. En todo caso, el proyecto bajo la restricción de derechos de agua también es rentable.

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, que a nivel de perfil es tan interesante como el proyecto de riego, por lo que se requiere un análisis de mayor profundidad.

# 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 PUQUIÑE
## 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.2.1. | Generalidades | 9 |
| 4.2.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 1LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 48,9 | 50,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 42,0 | 38,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 9,1 | 12,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 25,5 | 25,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,4 | 0,4 |
| Cereales y barbecho | 0,9 | 0,9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 72,4 | 72,4 |
| Forrajeras anuales | 0,5 | 0,5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 67,0 | 39,0 | 29,0 | 35,0 | 56,0 | 62,0 | 107,0 | 104,0 | 189,0 | 183,0 | 171,0 | 99,0 | 1.141,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,8 | 34,1 | 85,6 | 109,2 | 198,5 | 142,7 | 85,5 | 0,0 | 672,4 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 63,7 | 37,1 | 27,6 | 33,3 | 53,2 | 58,9 | 101,7 | 98,8 | 179,6 | 173,9 | 162,5 | 94,1 | 1.084,4 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,6 | 44,9 | 104,0 | 211,7 | 179,3 | 126,5 | 0,0 | 690,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95,0 | 115,0 | 101,0 | 115,0 | 132,0 | 109,0 | 129,0 | 73,0 | 67,0 | 12,0 | 108,0 | 120,0 | 1.176,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 36,2 | 131,5 | 130,7 | 0,0 | 0,0 | 298,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,8 | 112,6 | 161,9 | 54,5 | 0,0 | 354,8 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 144,7 | 167,3 | 18,5 | 0,0 | 361,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 402,0 | 1.461,0 | 1.452,0 | 0,0 | 0,0 | 3.315,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 344,0 | 1.501,0 | 2.159,0 | 727,0 | 0,0 | 4.731,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 689,0 | 3.216,0 | 3.718,0 | 411,0 | 0,0 | 8.034,0 |

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

**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 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 PUQUIÑE
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

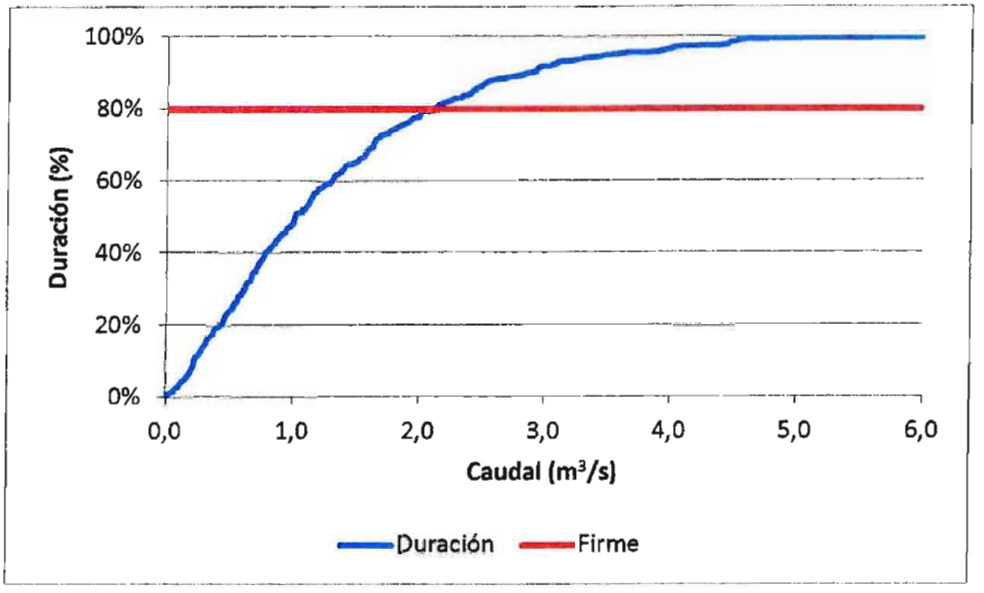
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 PUQUIÑE
# 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.

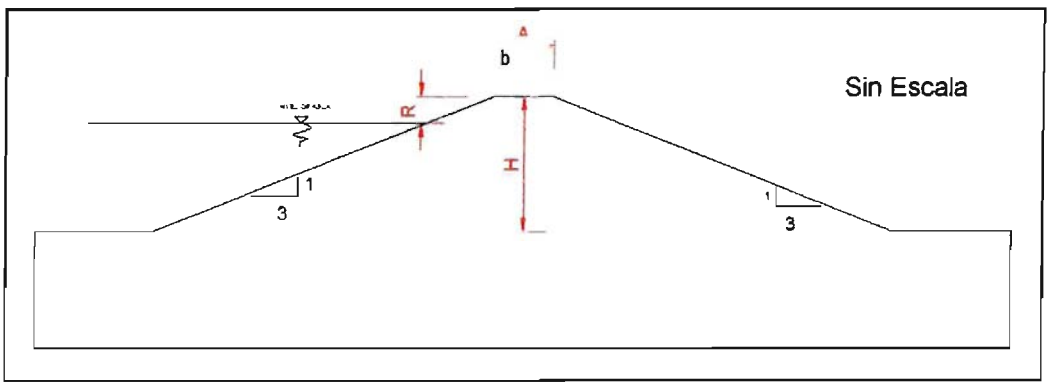
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 3,0 | 11,5 | 13,5 | 146,5 | 6,0 | 3,0 | 2,5 |
| 3,6 | 12,9 | 15,0 | 148,0 | 6,0 | 3,0 | 2,5 |
| 4,2 | 14,3 | 16,5 | 149,5 | 6,5 | 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.

**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-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| 3,6 | SC-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| 4,2 | SC-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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.

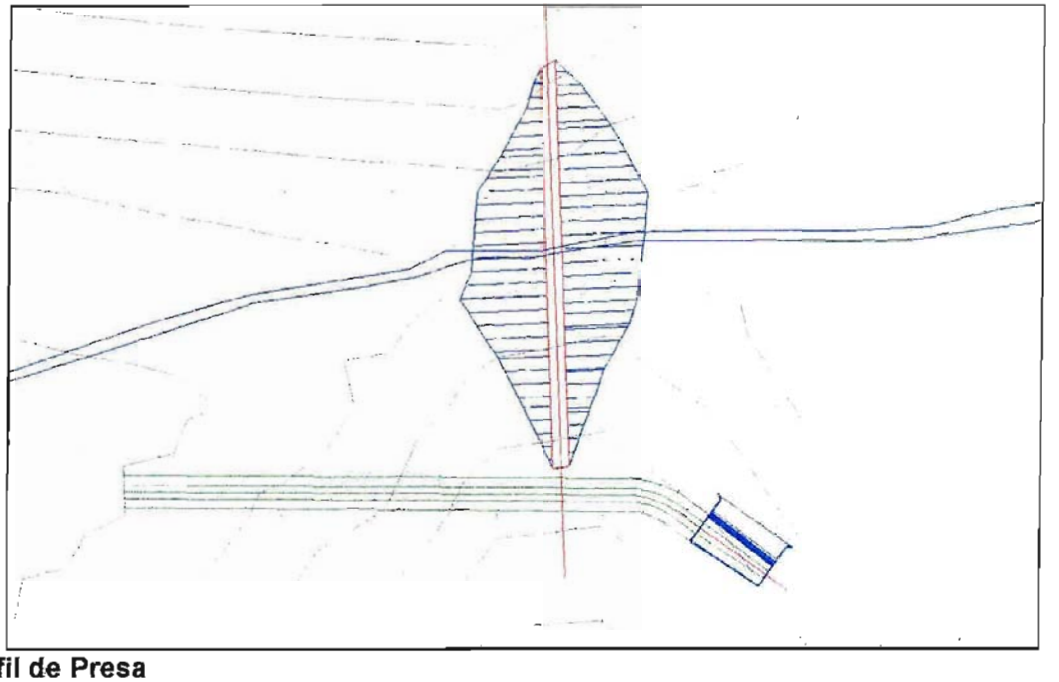
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **3,0** | 1,295 |
| **4,2** | 1,203 |

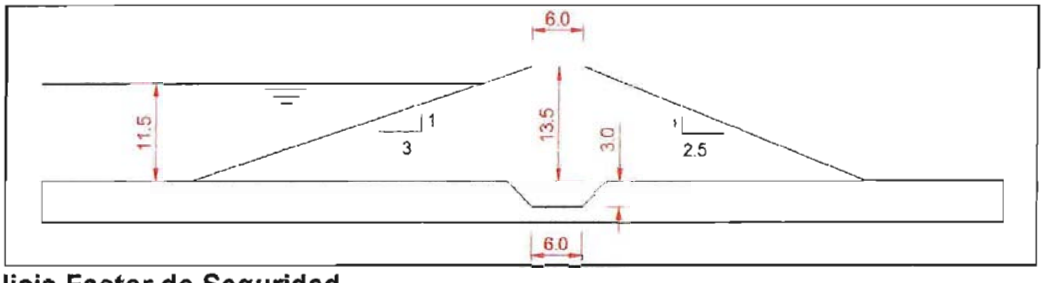
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 3,0 hm$^3$**

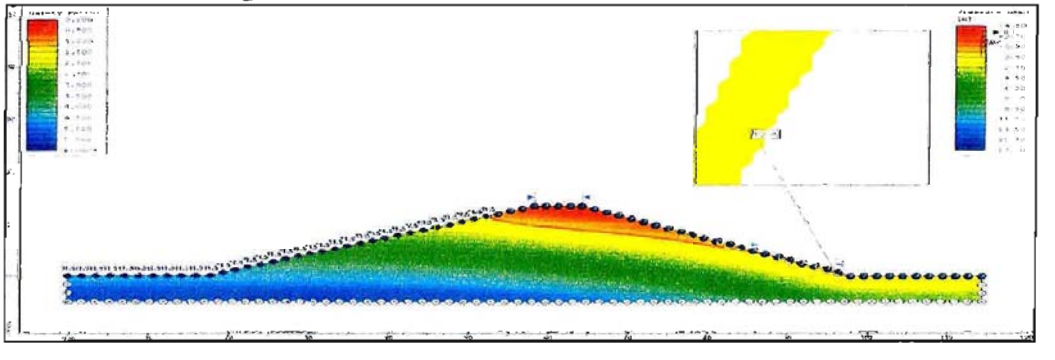
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



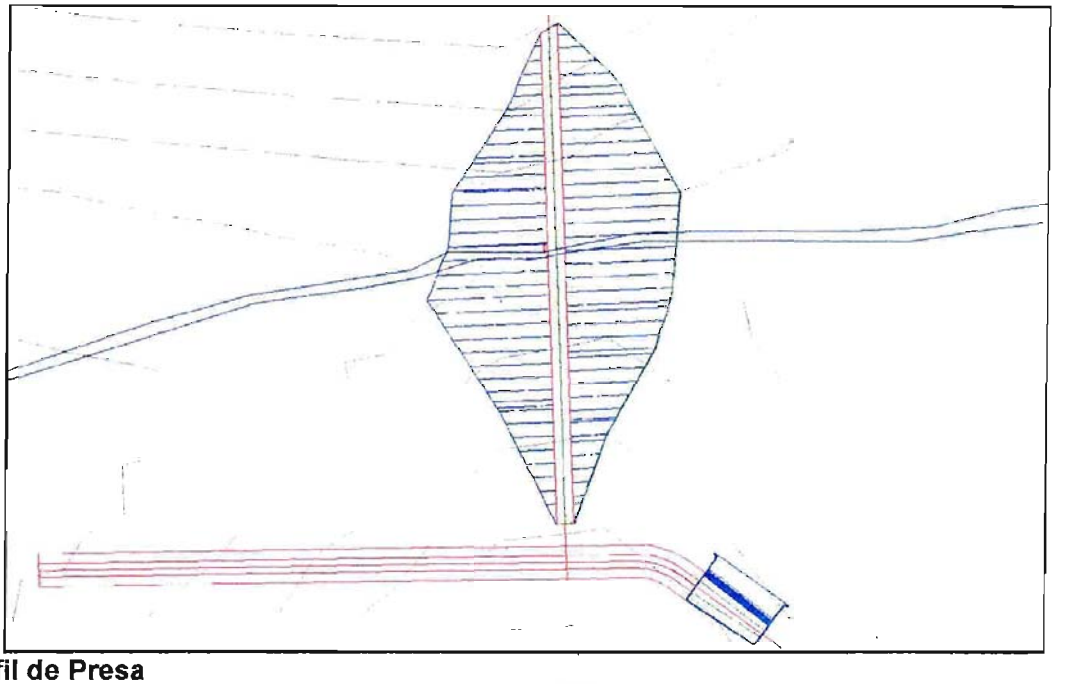

**Análisis Factor de Seguridad**



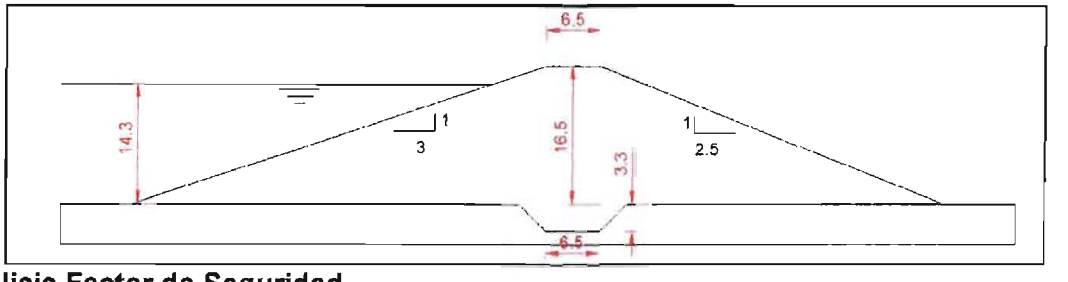
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 4,2 hm$^3$**

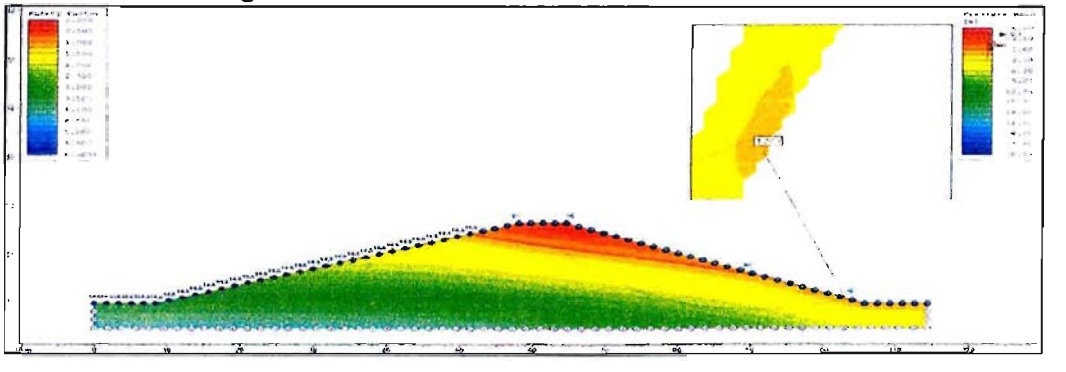
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #3:

# EMBALSE EN ESTERO LOS MOLINOS

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN ESTERO EL MOLINO(LR-120-01)"

**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. | 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 | 14 |
| 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 | 30 |
| 5.4. | EXPROPIACIONES | 30 |
| 5.5. | RESUMEN DE COSTOS | 30 |
| **6.** | **EVALUACIÓN ECONÓMICA** | **33** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 33 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 33 |
| 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 | 46 |
| 6.5. | RESULTADOS | 46 |

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 Estero El Molino**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del estero El Molino comuna de Lanco, 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 Molino 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 Molino.

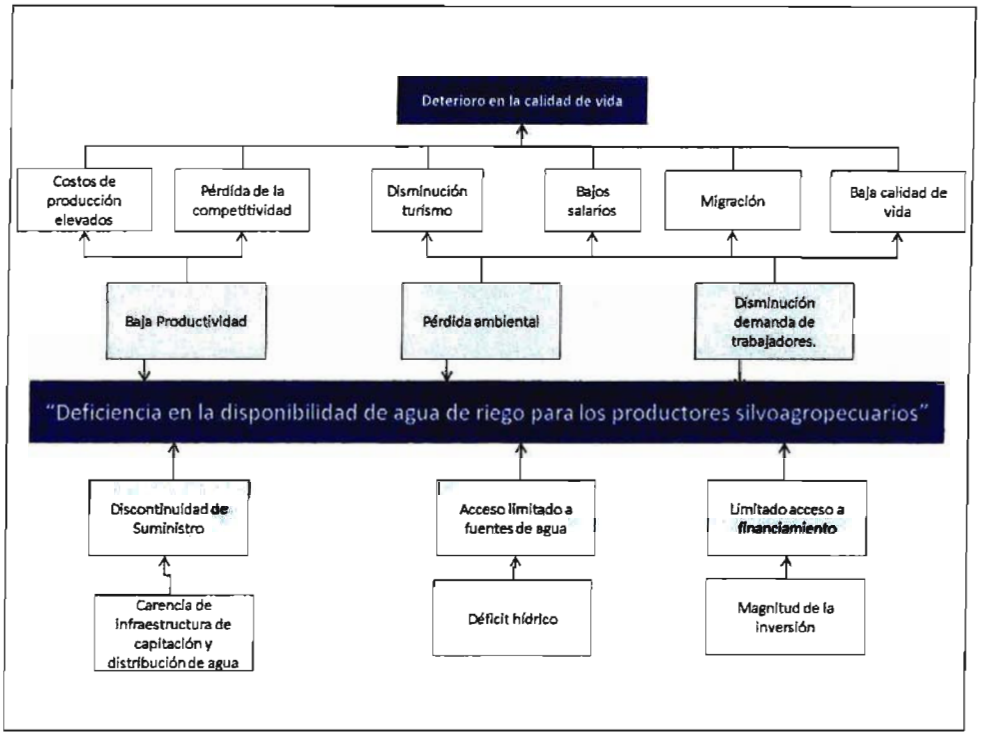
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Estero El Molino, existen 3.000 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 cerca de 700 ha potenciales de frutales, 2.100 ha potenciales de praderas, y cerca de 200 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

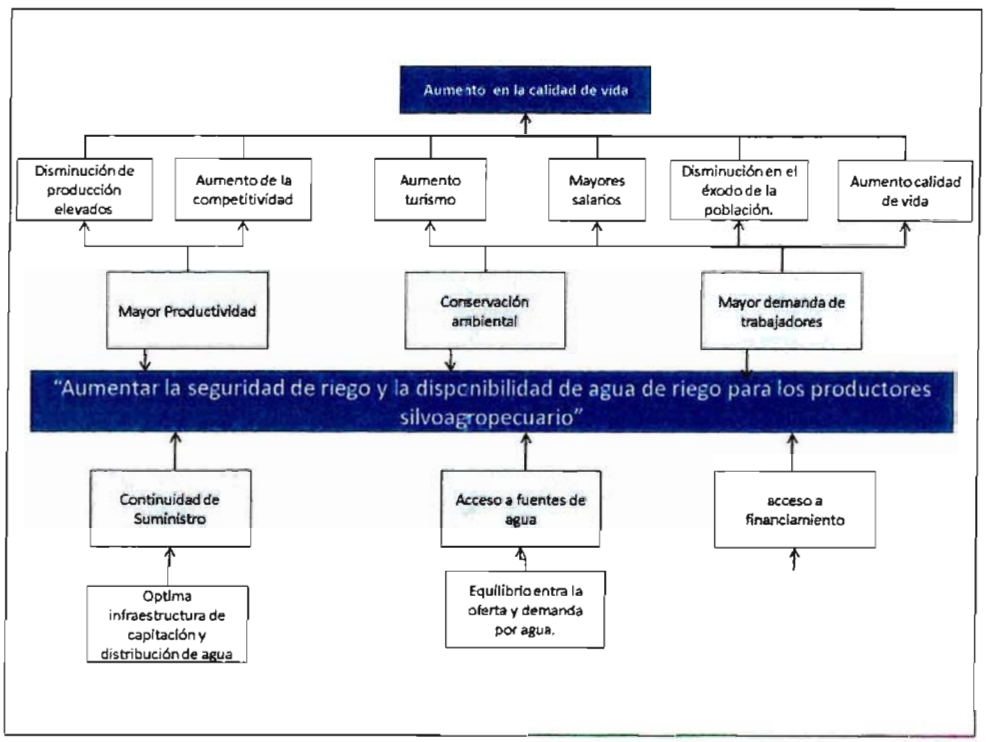



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles entre los meses de mayo a diciembre, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.

- Alternativa 2: Evaluación de la superficie regable utilizando todos los recursos hídricos del estero, captando a lo más un 80% 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 Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.627.441 N, 707.985 E) la que se caracteriza por poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca

perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frio, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frio, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo 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, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -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 (INIA, 1989). Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm. anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego corresponde a las localidades de Pelehue, Comunidad Rayenco, Comunidad Pangui, Comunidad Belisario Repileo, y Melefque. Actualmente posee praderas naturales, frutales, y otros cultivos. (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. 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 posible de riego para la obra en cuestión corresponde a 3.000 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 Los Lagos y está compuesta por un total de 20.168 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Los Lagos** | 20.168 | 51% | 49% |

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

En cuanto a la composición de la población comunal en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 47% de la población vive en la ciudad y el 53% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral en el Cuadro 3.3-2 se pueden apreciar las cifras regionales, donde el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la Comuna de Los Lagos es de 10,96% y corresponde a 670 habitantes, como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

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

| CATEGORÍA OCUPACIONAL | ACTIVIDAD | | TOTAL |
|---|---|---|---|
| | Otras actividades de la economía | Silvoagropecuaria | |
| Ocupado | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86% | 23,14% | 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 Los Lagos | Región | País |
| **Pobre Indigente** | 502 | 156 | 86 | 1,41 | 5,27 | 3,44 |
| **Pobre no Indigente** | 1022 | 386 | 584 | 9,55 | 11,5 | 9,3 |
| **No Pobre** | 3914 | 5029 | 5443 | 89,04 | 83,23 | 87,26 |
| **Total** | 5438 | 5571 | 6113 | 100 | 100 | 100 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, y 2009

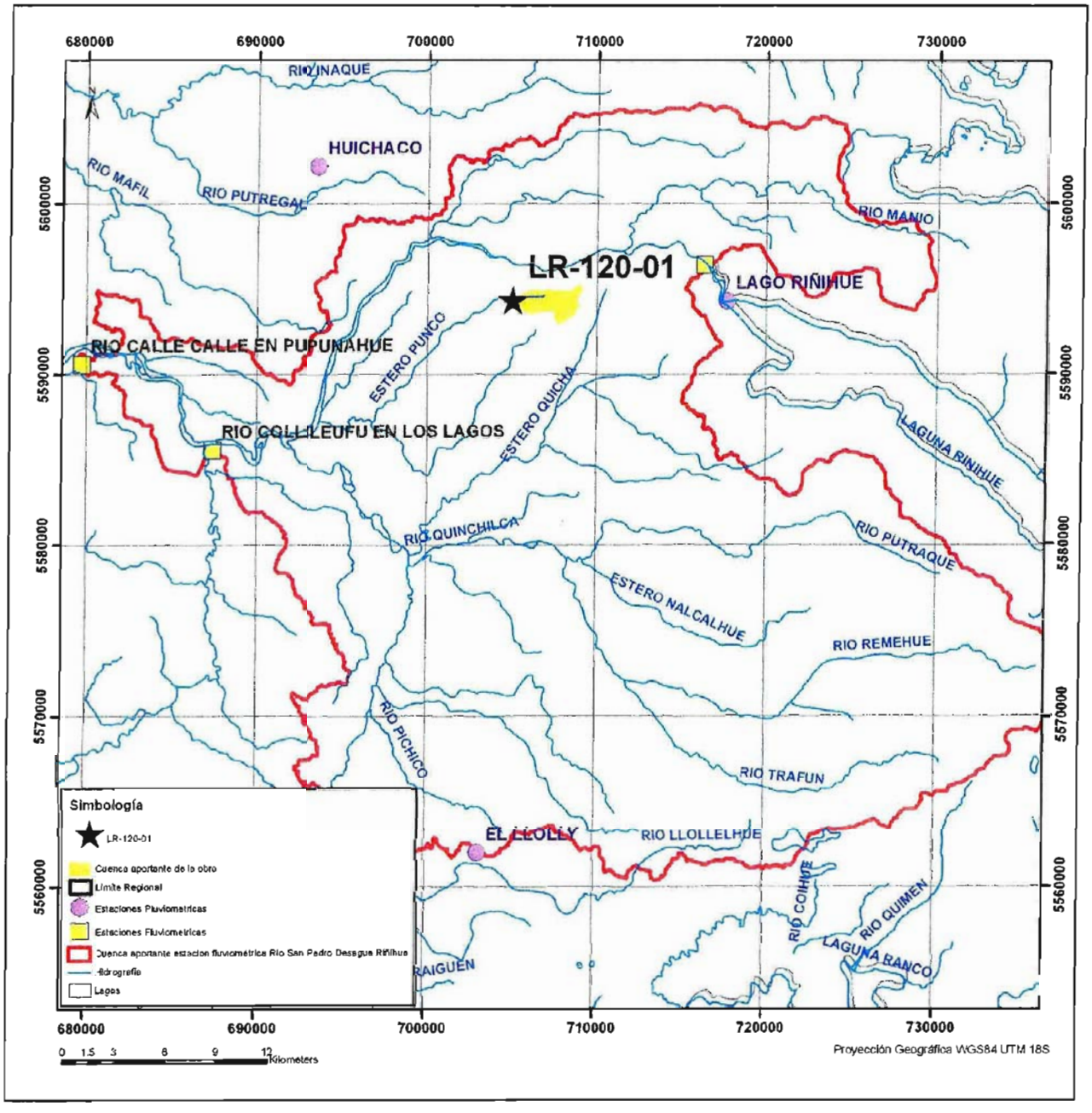
## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.100 mm y un caudal medio de 300 L/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Riñihue. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía, dado el tamaño reducido de la cuenca. Por otra parte, la estación fluviométrica Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue está influenciada por el Lago Riñihue, lo que impide determinar el recurso disponible por métodos de trasposición de caudales. 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.

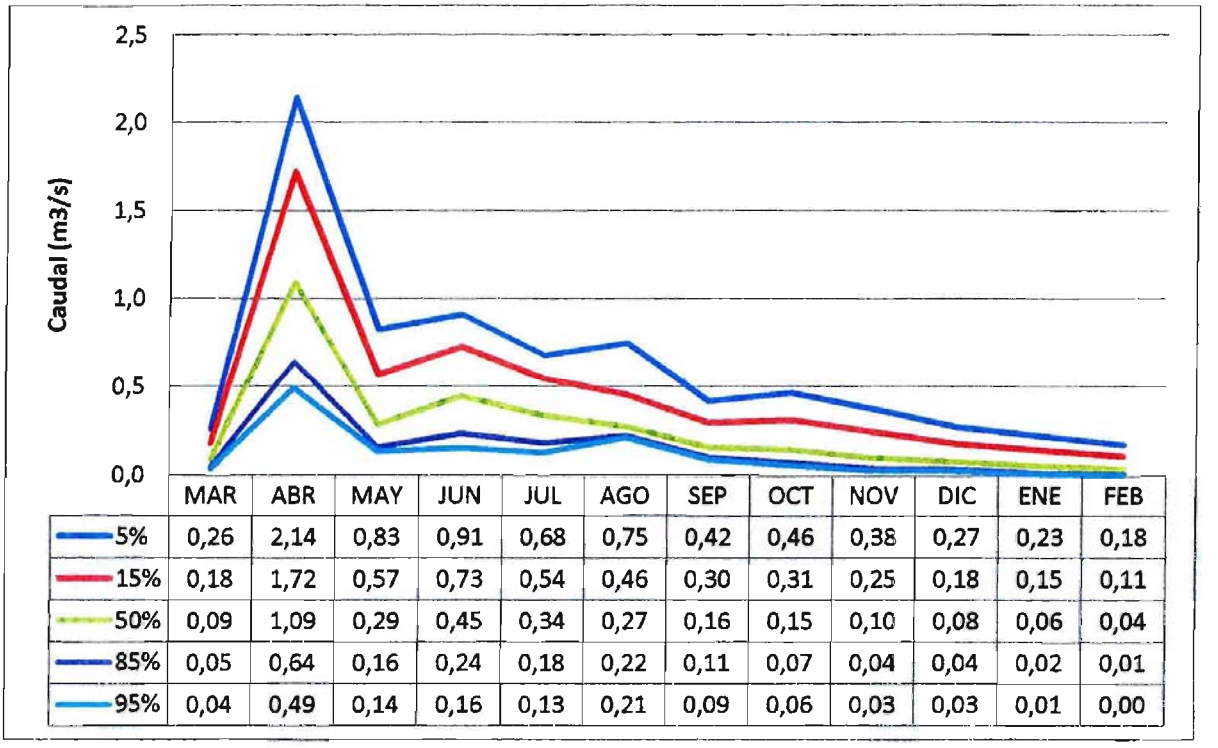
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALESTERO EL MOLINO**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 0,26 | 2,14 | 0,83 | 0,91 | 0,68 | 0,75 | 0,42 | 0,46 | 0,38 | 0,27 | 0,23 | 0,18 |
| 15% | 0,18 | 1,72 | 0,57 | 0,73 | 0,54 | 0,46 | 0,30 | 0,31 | 0,25 | 0,18 | 0,15 | 0,11 |
| 50% | 0,09 | 1,09 | 0,29 | 0,45 | 0,34 | 0,27 | 0,16 | 0,15 | 0,10 | 0,08 | 0,06 | 0,04 |
| 85% | 0,05 | 0,64 | 0,16 | 0,24 | 0,18 | 0,22 | 0,11 | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| 95% | 0,04 | 0,49 | 0,14 | 0,16 | 0,13 | 0,21 | 0,09 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,01 | 0,00 |

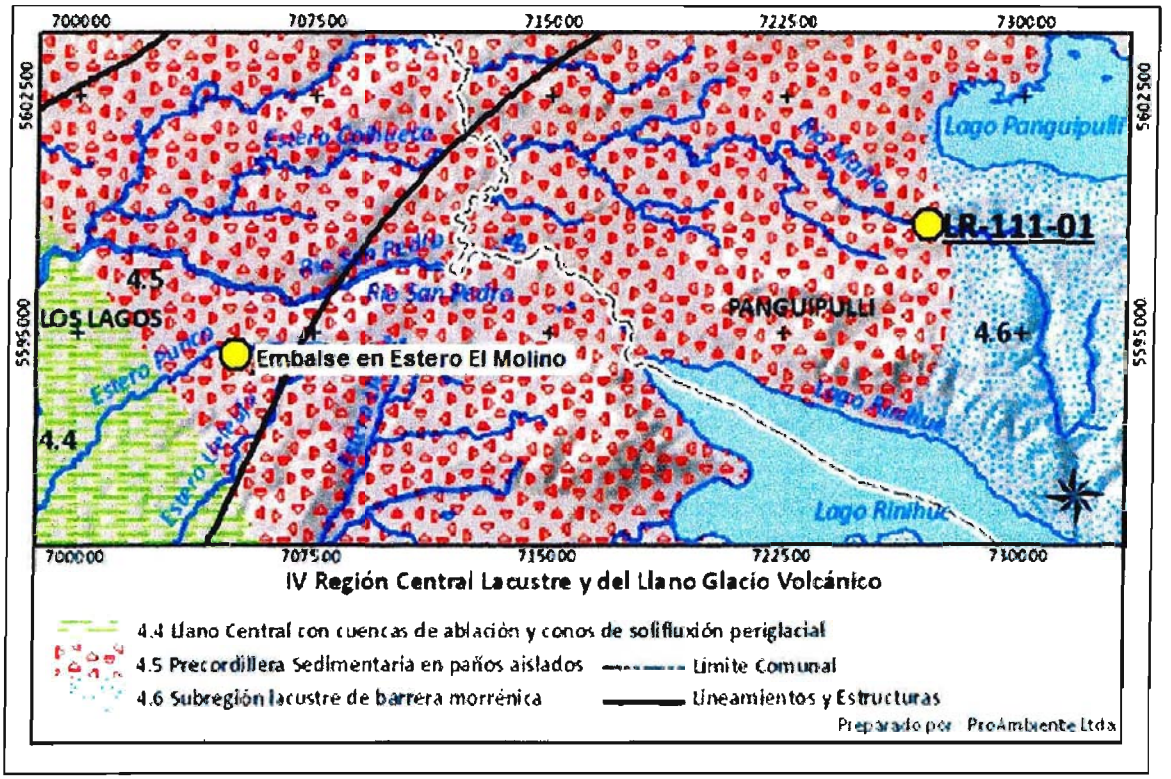
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### 3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad Precordillera sedimentaria en paños aislados (4.5). Prevalecen formas de acumulación de sedimentos cuaternarios de origen fluvial, glacial y volcánico que demarcan un relieve de fuerte pendiente, lomajes y planicies entre ellos. La cobertura sedimentaria conforma conos de gran envergadura y potencia con procesos erosivos lineales causados por el escurrimiento de quebradas y arroyos. En laderas deforestadas se observan fenómenos de reptaciones de suelos y deslizamientos menores. El patrón estructural regional está dado por fallas inferidas de dirección N30 – 50 E .En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA 3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

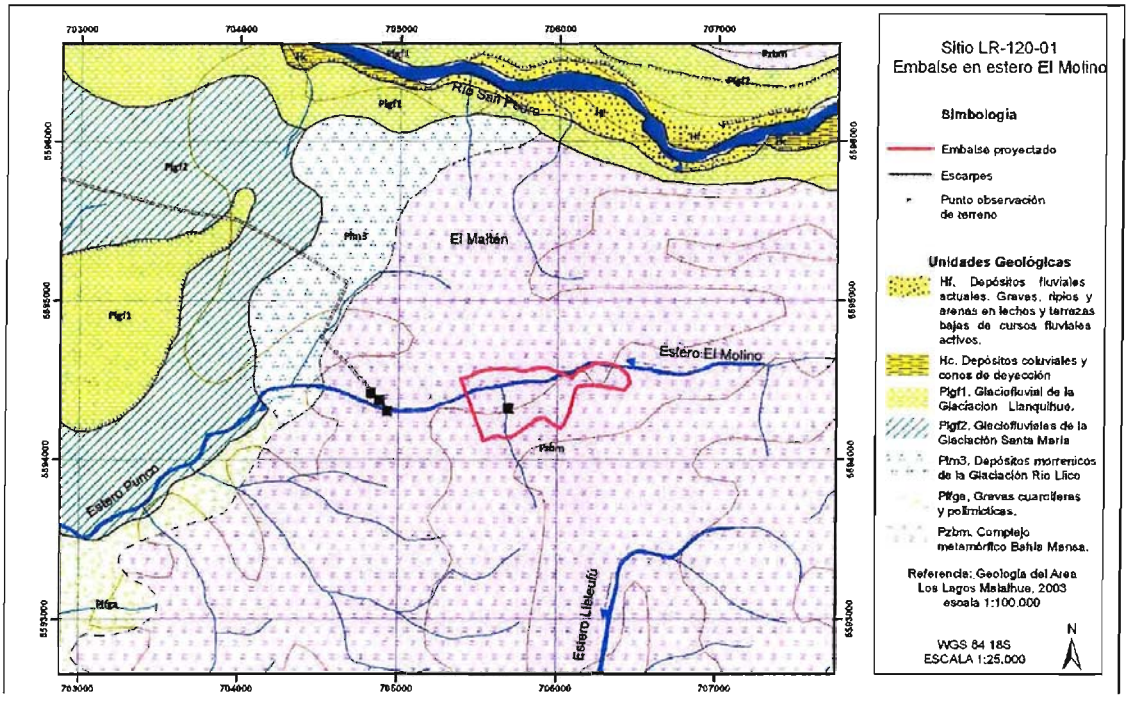



**Fuente:**Proambiente (2012)

3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Corresponde a una quebrada encajonada que se emplaza en rocas metamórficas (PzT) de esquistos con bandas de cuarzo lechoso. Sereconocen en talud izquierdo de aproximadamente 5 a 6m de altura, con sistema de foliación N85E/30NE. Desarrollo de suelos residuales arcillosos potentes. En estero actual se observan fragmentos sub redondeados de esquistos y cuarzo lechoso y lateralmente en ambas laderas, depósitos coluviales (Hc) de fragmentos angulosos de esquistos, cuarzo y arenas gruesas. 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

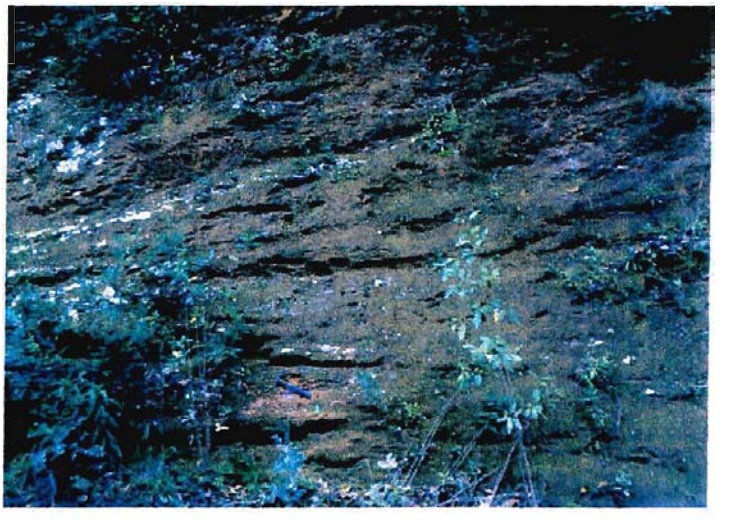



**Fuente:** Carta Geológica SERNAGEOMIN

## FIGURA3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Al SE de Central San Pedro. Rocas metamórficasmeteorizadas, deleznablesaguas arriba estero Molino | |

## FIGURA3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Aguas abajo, predominio de fundosganaderos | |
| Aguas arriba, talud de 6 a 7 m en esquistos micaceos con cuarzo lechoso en bandas; Salvanda arcillosa; cubierta de suelos residuales pardo rojizos arcillosos. |  |

## FIGURA3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

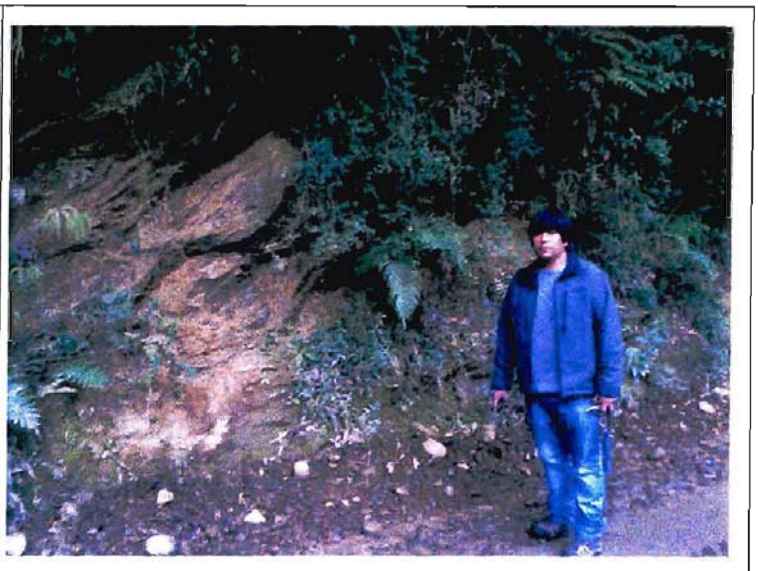
| | |
|---|---|
| Talud en equistos micáceos con qz lechoso alterados. Cubierta de suelos orgánicos y residuales arcillosos pardo rojizos |  |
| Zona de empréstitos:cercano al área ElMolino. Terraza fluvioglaciales de bolones, gravas y arenas gruesas con finos subordinados, niveles oxidados excabables mecánicamente. | |

**FIGURA3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Qda Estero El Molino. Fragmentos de cuarzo lechoso y esquistos meteorizados, blandos. | |

**Fuente:**Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Esquistos cuarcíferos presentan foliación N85E Cubierta sedimentaria excavable mecánicamente y de potencia variable. Se estima de permeabilidad baja e irregular por la heterogeneidad de los depósitos sedimentarios y el carácter arcilloso de los suelos. Colmatación por finos

## 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 2LR, 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 3.000,0 ha, dentro de una envolvente de 19,9 ha.

## CUADRO 3.6.1-1
## USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 0.1 | 6.6 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1.5 | 82.9 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.2 | 10.5 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **1.8** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 1.1 | 0.2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 302.7 | 55.2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.9 | 0.2 |
| Cereales y barbecho | 11.5 | 2.1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 216.1 | 39.4 |
| Forrajeras anuales | 15.9 | 2.9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **548.2** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 1.8 | 0.3 |
| Subtotal Secano | 548.2 | 96.2 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 19.9 | 3.5 |
| **TOTAL** | **569.9** | **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. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 3.000 ha.

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

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 300 ha con un embalse de tamaño 2,2 hm³.
- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 2,2; 3,0 y 3,6 hm³, los que permiten el riego de 330, 470 y 550 ha, respectivamente.

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

| Ítem | Con Restricción de Derechos | | Sin Restricción de Derechos 1 | | Sin Restricción de Derechos 2 | | Sin Restricción de Derechos 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 135.0 | 45.0 | 148.5 | 45.0 | 211.5 | 45.0 | 247.5 | 45.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 120.0 | 40.0 | 132.0 | 40.0 | 188.0 | 40.0 | 220.0 | 40.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 45.0 | 15.0 | 49.5 | 15.0 | 70.5 | 15.0 | 82.5 | 15.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **300.0** | **100.0** | **330.0** | **100.0** | **470.0** | **100.0** | **550.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 138.0 | 55.2 | 121.5 | 55.2 | 44.2 | 55.2 | 0.0 | 55.2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.2 |
| Cereales y barbecho | 5.2 | 2.1 | 4.6 | 2.1 | 1.7 | 2.1 | 0.0 | 2.1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 98.6 | 39.4 | 86.7 | 39.4 | 31.5 | 39.4 | 0.0 | 39.4 |
| Forrajeras anuales | 7.2 | 2.9 | 6.4 | 2.9 | 2.3 | 2.9 | 0.0 | 2.9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **250.0** | **100.0** | **220.0** | **100.0** | **80.0** | **100.0** | **0.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 300.0 | 52.6 | 330.0 | 57.9 | 470.0 | 82.5 | 550.0 | 96.5 |
| Subtotal Secano | 250.0 | 43.9 | 220.0 | 38.6 | 80.0 | 14.0 | 0.0 | 0.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 19.9 | 3.5 | 19.9 | 3.5 | 19.9 | 3.5 | 19.9 | 3.5 |
| **TOTAL** | **569.9** | **100.0** | **569.9** | **100.0** | **569.9** | **100.0** | 569.9 | **100.0** |

**Fuente:** Ver Anexo C y D

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

### 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 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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:

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

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

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

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

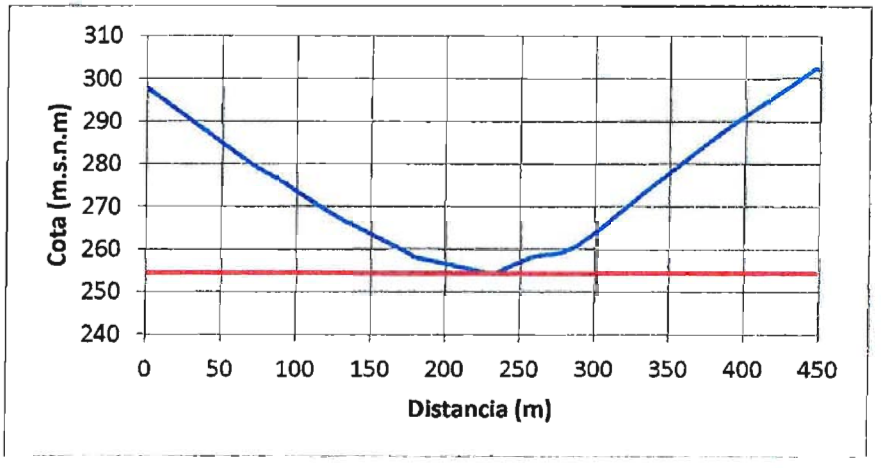
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.6.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 2,2; 3,0 y 3,6 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**



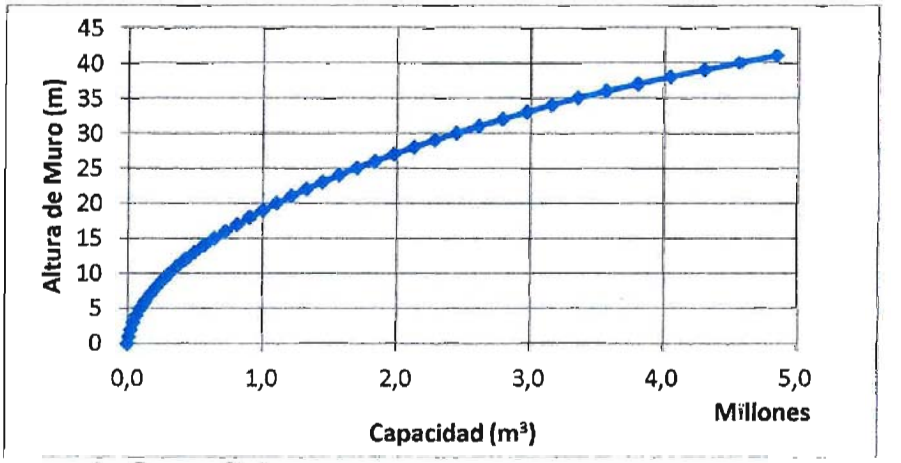

**Fuente:** Elaboración propia

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.

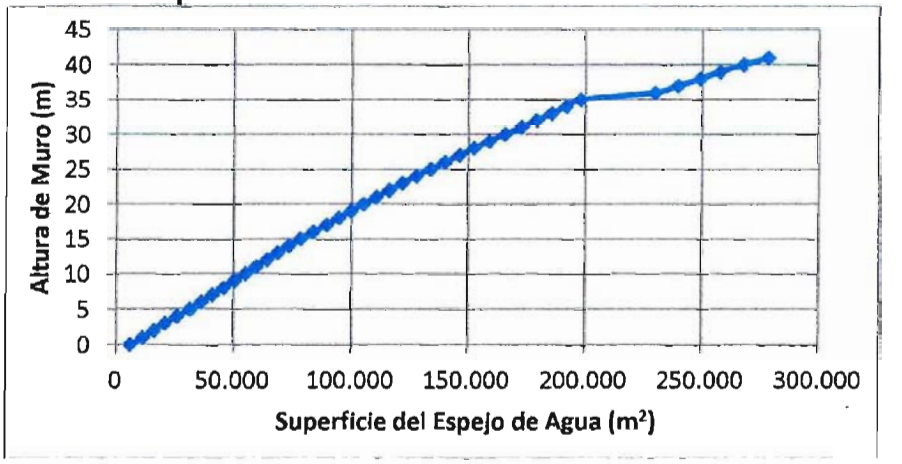
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

**FIGURA 4.1.1-2**
**CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE**

**a) Curva de Volumen**

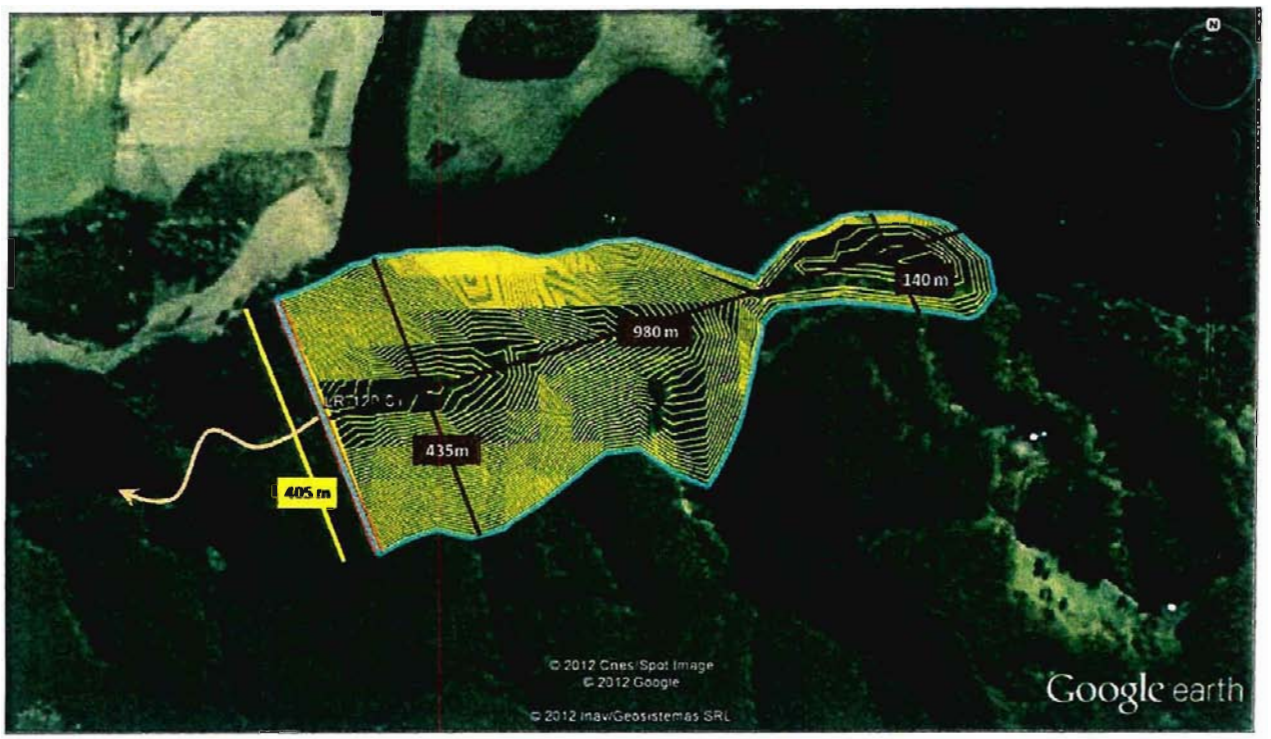



**b) Curva de Superficie**




**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 deal 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.

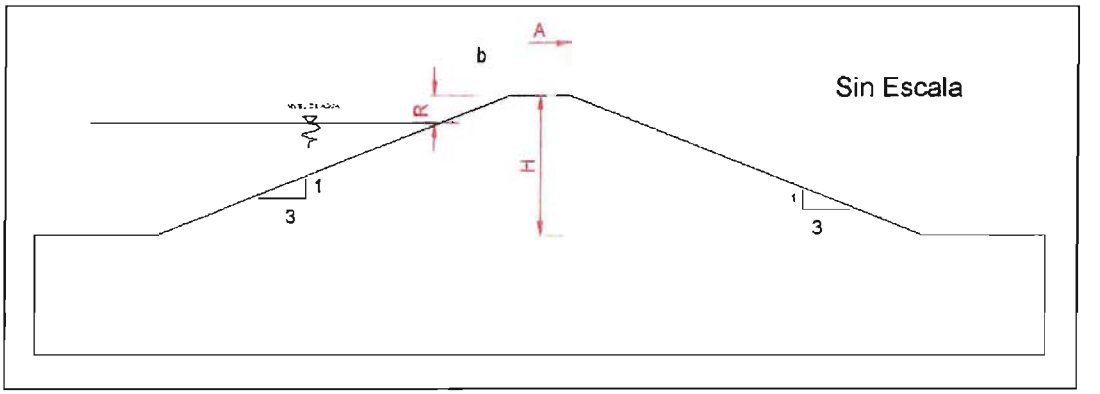
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Aguas Arriba | Aguas Abajo |
| 2,2 | 28,2 | 32,5 | 283,5 | 9,5 | 3,0 | 2,5 |
| 3,0 | 33,1 | 38,5 | 289,5 | 11,0 | 3,0 | 2,5 |
| 3,6 | 36,3 | 42,0 | 293,0 | 11,5 | 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 |
|---|---|
| **2,2** | 1,293 |
| **3,6** | 1,216 |

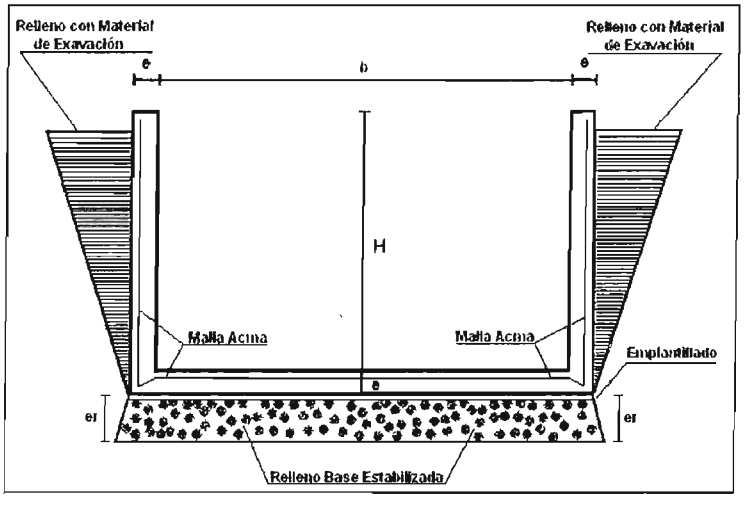
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

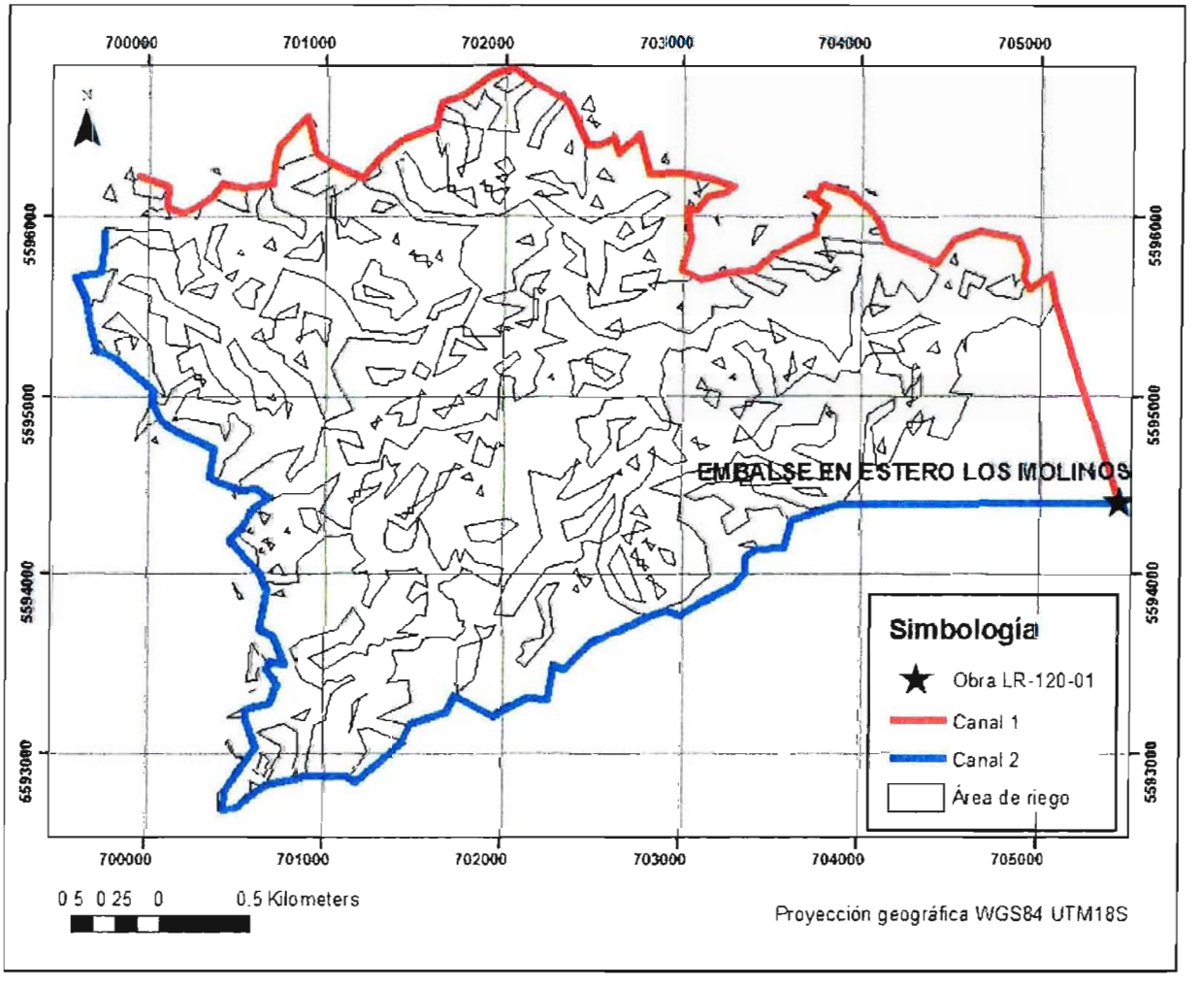
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| Alternativa | 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 | 3,7 | 310 | 5,1 | 5,9 | 0,155 | 0,5 | 0,6 | 15 | 15 |
| 2 | 3,7 | 350 | 5,3 | 7,8 | 0,175 | 0,5 | 0,6 | 15 | 15 |
| | 16,4 | 500 | 8,2 | 8,8 | 0,250 | 0,6 | 0,6 | 15 | 15 |
| | 25,1 | 590 | 8,8 | 9,0 | 0,295 | 0,6 | 0,7 | 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 2,4 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

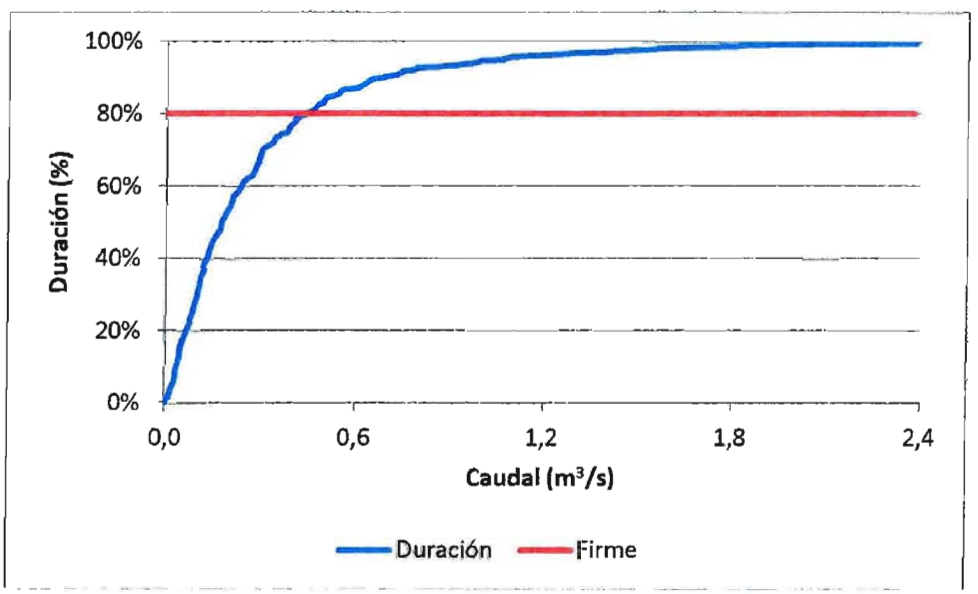
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kWh) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | H Total Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,2 | 28,2 | 96,0 | 69,8 |
| 2 | 2,2 | 28,2 | 96,0 | 110,4 |
| | 3,0 | 33,1 | 113,0 | 130,7 |
| | 3,6 | 36,3 | 124,0 | 152,7 |

**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 = 2,2 hm³ / h= 32,5 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 56.070 | 1.500 | 1.320 | 84.104.985 | 74.012.387 |
| m³ | Excavaciones | 23.502 | 5.000 | 4.800 | 117.512.269 | 112.811.778 |
| m³ | Relleno de la presa | 600.003 | 4.000 | 3.840 | 2.400.013.815 | 2.304.013.262 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 10.960 | 50.000 | 48.000 | 548.008.250 | 526.087.920 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 26.304 | 3.500 | 3.430 | 92.065.386 | 90.224.078 |
| **Total Muro** | | | | | **3.241.704.705** | **3.107.149.425** |
| **Volumen = 3,0 hm³ / h= 38,5 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 69.570 | 1.500 | 1.320 | 104.355.234 | 91.832.606 |
| m³ | Excavaciones | 34.120 | 5.000 | 4.800 | 170.600.322 | 163.776.309 |
| m³ | Relleno de la presa | 918.590 | 4.000 | 3.840 | 3.674.358.544 | 3.527.384.202 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 14.238 | 50.000 | 48.000 | 711.891.536 | 683.415.874 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 34.171 | 3.500 | 3.430 | 119.597.778 | 117.205.822 |
| **Total Muro** | | | | | **4.780.803.413** | **4.583.614.814** |
| **Volumen = 3,6 hm³ / h= 42,0 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 79.695 | 1.500 | 1.320 | 119.542.920 | 105.197.770 |
| m³ | Excavaciones | 42.083 | 5.000 | 4.800 | 210.416.363 | 201.999.708 |
| m³ | Relleno de la presa | 1.157.529 | 4.000 | 3.840 | 4.630.117.090 | 4.444.912.406 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 16.696 | 50.000 | 48.000 | 834.804.000 | 801.411.840 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 40.071 | 3.500 | 3.430 | 140.247.072 | 137.442.131 |
| **Total Muro** | | | | | **5.935.127.445** | **5.690.963.855** |

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

| Alternativa 1 / Volumen = 2,2 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 989 | 12.594 | 11.335 | 12.455.466 | 11.209.919 |
| m³ | Hormigón H-30 | 3.053 | 99.523 | 94.547 | 303.793.958 | 288.604.260 |
| m² | Malla Acma C-295 | 20.350 | 7.877 | 7.719 | 160.296.950 | 157.091.011 |
| m² | Moldajes 3 usos | 9.900 | 8.834 | 7.951 | 87.456.600 | 78.710.940 |
| m² | Aplicación Antisol | 5.500 | 255 | 230 | 1.402.500 | 1.262.250 |
| m | Juntas de dilatación | 3.740 | 5.994 | 5.395 | 22.417.560 | 20.175.804 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **587.823.034** | **557.054.184** |
| **Alternativa 2 / Volumen = 2,2 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.178 | 12.594 | 11.335 | 14.835.732 | 13.352.159 |
| m³ | Hormigón H-30 | 3.635 | 99.523 | 94.547 | 361.790.986 | 343.701.436 |
| m² | Malla Acma C-295 | 24.235 | 7.877 | 7.719 | 190.899.095 | 187.081.113 |
| m² | Moldajes 3 usos | 11.790 | 8.834 | 7.951 | 104.152.860 | 93.737.574 |
| m² | Aplicación Antisol | 6.550 | 255 | 230 | 1.670.250 | 1.503.225 |
| m | Juntas de dilatación | 4.454 | 5.994 | 5.395 | 26.697.276 | 24.027.548 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **700.046.199** | **663.403.056** |
| **Alternativa 2 / Volumen = 3,0 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.809 | 12.594 | 11.335 | 22.782.546 | 20.504.291 |
| m³ | Hormigón H-30 | 4.973 | 99.523 | 94.547 | 494.878.118 | 470.134.212 |
| m² | Malla Acma C-295 | 33.150 | 7.877 | 7.719 | 261.122.550 | 255.900.099 |
| m² | Moldajes 3 usos | 15.300 | 8.834 | 7.951 | 135.160.200 | 121.644.180 |
| m² | Aplicación Antisol | 10.200 | 255 | 230 | 2.601.000 | 2.340.900 |
| m | Juntas de dilatación | 6.120 | 5.994 | 5.395 | 36.683.280 | 33.014.952 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **953.227.694** | **903.538.634** |
| **Alternativa 2 / Volumen = 3,6 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.894 | 12.594 | 11.335 | 23.853.036 | 21.467.732 |
| m³ | Hormigón H-30 | 5.741 | 99.523 | 94.547 | 571.311.782 | 542.746.192 |
| m² | Malla Acma C-295 | 38.270 | 7.877 | 7.719 | 301.452.790 | 295.423.734 |
| m² | Moldajes 3 usos | 18.393 | 8.834 | 7.951 | 162.486.707 | 146.238.036 |
| m² | Aplicación Antisol | 10.680 | 255 | 230 | 2.723.400 | 2.451.060 |
| m | Juntas de dilatación | 7.120 | 5.994 | 5.395 | 42.677.280 | 38.409.552 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.104.504.994** | **1.046.736.307** |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,2 | 96,0 | 232.036.800 | 10.271 | 480.000 |
| 2 | 2,2 | 96,0 | 232.036.800 | 10.271 | 480.000 |
| | 3,0 | 113,0 | 273.126.650 | 12.089 | 565.000 |
| | 3,6 | 124,0 | 299.714.200 | 13.266 | 620.000 |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Superficie (ha) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,2 | 17,5 | 79.072.735,0 |
| 2 | 2,2 | 17,5 | 79.072.735,0 |
| | 3,0 | 21,6 | 97.598.347,0 |
| | 3,6 | 24,3 | 109.798.141,0 |

**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 = 2,2 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 3.241.704.705 | 3.107.149.425 |
| Obra de Desvío | 324.170.470 | 310.714.943 |
| Obra de Toma | 162.085.235 | 155.357.471 |
| Vertedero | 1.134.596.647 | 1.087.502.299 |
| Sistema de Distribución | 587.823.034 | 557.054.184 |
| Caminos de Acceso | 324.170.470 | 310.714.943 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **5.784.550.561** | **5.538.493.265** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.470.730.337** | **3.323.095.959** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 232.036.800 | 232.036.800 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **232.036.800** | **232.036.800** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **81.212.880** | **81.212.880** |
| **EXPROPIACIONES** | **79.072.735** | **79.072.735** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **9.647.603.313** | **9.253.911.639** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **427.051** | **409.624** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **19.957.393** | **19.142.988** |

| Alternativa 2: Volumen = 2,2 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 3.241.704.705 | 3.107.149.425 |
| Obra de Desvío | 324.170.470 | 310.714.943 |
| Obra de Toma | 162.085.235 | 155.357.471 |
| Vertedero | 1.134.596.647 | 1.087.502.299 |
| Sistema de Distribución | 700.046.199 | 663.403.056 |
| Caminos de Acceso | 324.170.470 | 310.714.943 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **5.896.773.726** | **5.644.842.137** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.538.064.236** | **3.386.905.282** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 232.036.800 | 232.036.800 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **232.036.800** | **232.036.800** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **81.212.880** | **81.212.880** |
| **EXPROPIACIONES** | **79.072.735** | **79.072.735** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **9.827.160.377** | **9.424.069.833** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **434.999** | **417.156** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **20.328.831** | **19.494.983** |

| Alternativa 3: Volumen = 3,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 4.780.803.413 | 4.583.614.814 |
| Obra de Desvío | 478.080.341 | 458.361.481 |

**CUADRO 5.5-1**
**RESUMEN DE COSTOS**

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Toma** | 239.040.171 | 229.180.741 |
| **Vertedero** | 1.673.281.195 | 1.604.265.185 |
| **Sistema de Distribución** | 953.227.694 | 903.538.634 |
| **Caminos de Acceso** | 478.080.341 | 458.361.481 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **8.612.513.155** | **8.247.322.336** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **5.167.507.893** | **4.948.393.401** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 273.126.650 | 273.126.650 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **273.126.650** | **273.126.650** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **95.594.328** | **95.594.328** |
| **EXPROPIACIONES** | **97.598.347** | **97.598.347** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **14.246.340.372** | **13.662.035.062** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **630.614** | **604.750** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **29.470.512** | **28.261.797** |

**Alternativa 2: Volumen = 3,6 hm$^3$**

| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
|---|---|---|
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 5.935.127.445 | 5.690.963.855 |
| **Obra de Desvío** | 593.512.744 | 569.096.385 |
| **Obra de Toma** | 296.756.372 | 284.548.193 |
| **Vertedero** | 2.077.294.606 | 1.991.837.349 |
| **Sistema de Distribución** | 1.104.504.994 | 1.046.736.307 |
| **Caminos de Acceso** | 593.512.744 | 569.096.385 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **10.610.708.905** | **10.162.278.474** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **6.366.425.343** | **6.097.367.085** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 299.714.200 | 299.714.200 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **299.714.200** | **299.714.200** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **104.899.970** | **104.899.970** |
| **EXPROPIACIONES** | **109.798.141** | **109.798.141** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **17.491.546.560** | **16.774.057.870** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **774.263** | **742.504** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **36.183.667** | **34.699.443** |

| | |
|---|---|
| 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 consideróuna 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 | 27.897.523 | 27.897.523 | 0 | 27.897.523 | 0 | 27.897.523 | 0 | 27.897.523 | 0 |
| 1 | 27.998.272 | -221.435.487 | -249.433.759 | -238.930.564 | -266.928.835 | -320.574.254 | -348.572.525 | -367.227.791 | -395.226.063 |
| 2 | 27.998.272 | -288.185.217 | -316.183.488 | -312.356.684 | -340.354.955 | -425.156.862 | -453.155.134 | -489.614.107 | -517.612.379 |
| 3 | 27.998.272 | -448.637.060 | -476.635.332 | -488.873.879 | -516.872.151 | -676.645.703 | -704.643.975 | -783.943.888 | -811.942.159 |
| 4 | 27.998.272 | -188.823.334 | -216.821.606 | -203.076.112 | -231.074.384 | -269.589.076 | -297.587.348 | -307.596.484 | -335.594.756 |
| 5 | 27.998.272 | -138.859.220 | -166.857.492 | -146.872.795 | -174.871.067 | -184.269.476 | -212.267.748 | -205.639.008 | -233.637.280 |
| 6 | 26.092.955 | 93.044.048 | 66.951.093 | 112.062.577 | 85.969.623 | 200.815.713 | 174.722.759 | 251.531.791 | 225.438.837 |
| 7 | 27.088.385 | 394.805.691 | 367.717.306 | 435.201.730 | 408.113.345 | 623.716.576 | 596.628.191 | 731.439.346 | 704.350.960 |
| 8 | 27.029.551 | 595.776.060 | 568.746.509 | 656.290.497 | 629.260.945 | 938.691.199 | 911.661.647 | 1.100.063.029 | 1.073.033.477 |
| 9 | 27.167.022 | 727.628.915 | 700.461.894 | 801.325.088 | 774.158.066 | 1.145.240.558 | 1.118.073.536 | 1.341.763.684 | 1.314.596.662 |
| 10 | 27.374.908 | 857.754.605 | 830.379.698 | 944.439.683 | 917.064.775 | 1.348.970.044 | 1.321.595.136 | 1.580.130.250 | 1.552.755.343 |
| 11 | 27.694.657 | 929.486.363 | 901.791.707 | 1.023.312.245 | 995.617.588 | 1.461.166.359 | 1.433.471.702 | 1.711.368.709 | 1.683.674.053 |
| 12 | 27.767.962 | 929.576.090 | 901.808.128 | 1.023.401.972 | 995.634.010 | 1.461.256.086 | 1.433.488.124 | 1.711.458.436 | 1.683.690.474 |
| 13 | 27.897.523 | 929.729.351 | 901.831.828 | 1.023.555.232 | 995.657.709 | 1.461.409.346 | 1.433.511.823 | 1.711.611.696 | 1.683.714.173 |
| 14 | 27.998.272 | 611.982.293 | 583.984.021 | 673.992.889 | 645.994.617 | 963.375.672 | 935.377.400 | 1.128.737.262 | 1.100.738.990 |
| 15 | 27.998.272 | 245.062.593 | 217.064.321 | 270.348.902 | 242.350.630 | 388.351.677 | 360.353.405 | 455.781.834 | 427.783.562 |
| 16 | 27.998.272 | -391.075.226 | -419.073.498 | -429.458.729 | -457.457.001 | -608.581.740 | -636.580.012 | -710.937.747 | -738.936.019 |
| 17 | 27.353.740 | -94.713.842 | -122.067.582 | -103.355.637 | -130.709.377 | -143.684.016 | -171.037.756 | -166.728.804 | -194.082.544 |
| 18 | 27.841.034 | -18.228.355 | -46.069.389 | -19.263.774 | -47.104.808 | -24.095.730 | -51.936.763 | -26.856.847 | -54.697.881 |
| 19 | 26.571.408 | 180.464.314 | 153.892.906 | 199.456.660 | 172.885.252 | 288.087.608 | 261.516.200 | 338.733.864 | 312.162.456 |
| 20 | 27.092.573 | 394.807.601 | 367.715.028 | 435.203.410 | 408.110.838 | 623.717.188 | 596.624.615 | 731.439.346 | 704.346.773 |
| 21 | 27.084.947 | 595.851.799 | 568.766.852 | 656.357.146 | 629.272.200 | 938.715.435 | 911.630.488 | 1.100.063.029 | 1.072.978.082 |
| 22 | 27.320.073 | 727.765.845 | 700.445.772 | 801.445.586 | 774.125.513 | 1.145.284.376 | 1.117.964.303 | 1.341.763.684 | 1.314.443.612 |
| 23 | 27.485.591 | 857.821.738 | 830.336.147 | 944.498.760 | 917.013.168 | 1.348.991.526 | 1.321.505.935 | 1.580.130.250 | 1.552.644.659 |
| 24 | 27.694.657 | 929.486.363 | 901.791.707 | 1.023.312.245 | 995.617.588 | 1.461.166.359 | 1.433.471.702 | 1.711.368.709 | 1.683.674.053 |
| 25 | 27.767.962 | 929.576.090 | 901.808.128 | 1.023.401.972 | 995.634.010 | 1.461.256.086 | 1.433.488.124 | 1.711.458.436 | 1.683.690.474 |
| 26 | 27.897.523 | 929.729.351 | 901.831.828 | 1.023.555.232 | 995.657.709 | 1.461.409.346 | 1.433.511.823 | 1.711.611.696 | 1.683.714.173 |
| 27 | 27.998.272 | 611.982.293 | 583.984.021 | 673.992.889 | 645.994.617 | 963.375.672 | 935.377.400 | 1.128.737.262 | 1.100.738.990 |
| 28 | 27.353.740 | 244.701.529 | 217.347.789 | 270.031.166 | 242.677.426 | 388.236.136 | 360.882.396 | 455.781.834 | 428.428.094 |
| 29 | 27.841.034 | -391.214.066 | -419.055.099 | -429.580.907 | -457.421.941 | -608.626.169 | -636.467.202 | -710.937.747 | -738.778.780 |
| 30 | 27.832.193 | -94.495.649 | -122.327.842 | -103.163.627 | -130.995.821 | -143.614.194 | -171.446.387 | -166.728.804 | -194.560.997 |

**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 | 39.839.602 | 39.839.602 | 0 | 39.839.602 | 0 | 39.839.602 | 0 | 39.839.602 | 0 |
| 1 | 39.970.614 | -205.527.929 | -245.498.543 | -222.830.176 | -262.800.789 | -303.573.992 | -343.544.605 | -349.713.315 | -389.683.929 |
| 2 | 39.970.614 | -265.127.697 | -305.098.310 | -288.405.042 | -328.375.656 | -397.032.655 | -437.003.268 | -459.105.576 | -499.076.190 |
| 3 | 39.970.614 | -406.906.713 | -446.877.327 | -444.378.536 | -484.349.150 | -619.247.043 | -659.217.657 | -719.171.904 | -759.142.518 |
| 4 | 39.970.614 | -140.441.287 | -180.411.901 | -151.263.313 | -191.233.927 | -201.766.100 | -241.736.713 | -230.624.835 | -270.595.449 |
| 5 | 39.970.614 | -57.762.309 | -97.732.922 | -59.070.763 | -99.041.377 | -65.176.883 | -105.147.497 | -68.666.095 | -108.636.708 |
| 6 | 37.943.643 | 207.702.217 | 169.758.574 | 236.565.372 | 198.621.729 | 371.260.094 | 333.316.451 | 448.228.506 | 410.284.864 |
| 7 | 38.847.798 | 532.521.979 | 493.674.181 | 585.400.012 | 546.552.214 | 832.164.167 | 793.316.369 | 973.172.255 | 934.324.458 |
| 8 | 38.821.420 | 757.069.201 | 718.247.781 | 832.333.454 | 793.512.034 | 1.183.566.634 | 1.144.745.214 | 1.384.271.309 | 1.345.449.889 |
| 9 | 39.010.937 | 913.455.849 | 874.444.913 | 1.004.373.073 | 965.362.137 | 1.428.653.451 | 1.389.642.515 | 1.671.099.382 | 1.632.088.445 |
| 10 | 39.251.459 | 1.065.722.407 | 1.026.470.948 | 1.171.859.466 | 1.132.608.007 | 1.667.165.742 | 1.627.914.283 | 1.950.197.900 | 1.910.946.440 |
| 11 | 39.594.633 | 1.153.951.994 | 1.114.357.361 | 1.268.881.238 | 1.229.286.605 | 1.805.217.712 | 1.765.623.079 | 2.111.695.697 | 2.072.101.064 |
| 12 | 39.687.525 | 1.154.283.182 | 1.114.595.658 | 1.269.203.798 | 1.229.516.273 | 1.805.500.004 | 1.765.812.479 | 2.111.954.979 | 2.072.267.454 |
| 13 | 39.839.602 | 1.154.391.734 | 1.114.552.132 | 1.269.312.350 | 1.229.472.748 | 1.805.608.556 | 1.765.768.954 | 2.112.063.530 | 2.072.223.929 |
| 14 | 39.970.614 | 800.849.545 | 760.878.932 | 880.367.291 | 840.396.678 | 1.251.450.107 | 1.211.479.493 | 1.463.497.430 | 1.423.526.816 |
| 15 | 39.970.614 | 376.219.922 | 336.249.308 | 413.221.802 | 373.251.189 | 585.897.242 | 545.926.629 | 684.568.923 | 644.598.309 |
| 16 | 39.970.614 | -349.344.879 | -389.315.493 | -384.963.385 | -424.933.999 | -551.183.080 | -591.153.694 | -646.165.763 | -686.136.377 |
| 17 | 39.368.381 | -45.970.731 | -85.339.113 | -51.225.102 | -90.593.484 | -75.745.499 | -115.113.881 | -89.757.155 | -129.125.536 |
| 18 | 39.783.350 | 62.660.848 | 22.877.498 | 68.355.475 | 28.572.124 | 94.930.396 | 55.147.046 | 110.116.066 | 70.332.716 |
| 19 | 38.353.131 | 294.746.984 | 256.393.853 | 323.629.015 | 285.275.885 | 458.411.828 | 420.058.698 | 535.430.579 | 497.077.448 |
| 20 | 38.873.348 | 532.708.721 | 493.835.372 | 585.564.345 | 546.690.996 | 832.223.924 | 793.350.576 | 973.172.255 | 934.298.907 |
| 21 | 38.901.062 | 757.080.853 | 718.179.791 | 832.343.708 | 793.442.646 | 1.183.570.363 | 1.144.669.301 | 1.384.271.309 | 1.345.370.247 |
| 22 | 39.172.649 | 913.543.748 | 874.371.099 | 1.004.450.424 | 965.277.775 | 1.428.681.579 | 1.389.508.930 | 1.671.099.382 | 1.631.926.733 |
| 23 | 39.364.561 | 1.065.868.061 | 1.026.503.499 | 1.171.987.641 | 1.132.623.080 | 1.667.212.351 | 1.627.847.790 | 1.950.197.900 | 1.910.833.338 |
| 24 | 39.594.633 | 1.154.023.900 | 1.114.429.268 | 1.268.944.516 | 1.229.349.883 | 1.805.240.722 | 1.765.646.089 | 2.111.695.697 | 2.072.101.064 |
| 25 | 39.687.525 | 1.154.283.182 | 1.114.595.658 | 1.269.203.798 | 1.229.516.273 | 1.805.500.004 | 1.765.812.479 | 2.111.954.979 | 2.072.267.454 |
| 26 | 39.839.602 | 1.154.391.734 | 1.114.552.132 | 1.269.312.350 | 1.229.472.748 | 1.805.608.556 | 1.765.768.954 | 2.112.063.530 | 2.072.223.929 |
| 27 | 39.970.614 | 800.849.545 | 760.878.932 | 880.367.291 | 840.396.678 | 1.251.450.107 | 1.211.479.493 | 1.463.497.430 | 1.423.526.816 |
| 28 | 39.368.381 | 376.219.922 | 336.851.541 | 413.221.802 | 373.853.421 | 585.897.242 | 546.528.861 | 684.568.923 | 645.200.541 |
| 29 | 39.783.350 | -349.691.427 | -389.474.777 | -385.268.347 | -425.051.698 | -551.293.976 | -591.077.326 | -646.165.763 | -685.949.113 |
| 30 | 39.777.869 | -46.128.037 | -85.905.907 | -51.363.531 | -91.141.401 | -75.795.837 | -115.573.706 | -89.757.155 | -129.535.024 |

**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 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 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 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

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Privado | Social | Privado | Social |
| **1** | 2,2 | 8.314.764.044 | 7.970.302.529 | 940.516.854 | 891.286.694 |
| **2** | 2,2 | 8.314.764.044 | 7.970.302.529 | 1.120.073.918 | 1.061.444.889 |
| | 3,0 | 12.254.856.738 | 11.750.053.923 | 1.525.164.310 | 1.445.661.814 |
| | 3,6 | 15.209.926.258 | 14.584.867.468 | 1.767.207.991 | 1.674.778.091 |

**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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| **1** | 2,2 | 96,0 | 232.036.800 |
| **2** | 2,2 | 96,0 | 232.036.800 |
| | 3,0 | 113,0 | 273.126.650 |
| | 3,6 | 124,0 | 299.714.200 |

**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 tanto a precios privados como sociales. Esto se debe a que se requiere un muro muy grande para almacenar el poco recurso disponible. La evaluación se presenta en el Anexo E.

**CUADRO 6.5-1**
**RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Sin Hidrogeneración | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 2,2 | -9.304,7 | -1,01 | -1,7% | -5.739,8 | -0,65 | 0,7% |
| 2 | 2,2 | -9.349,2 | -0,99 | -1,1% | -5.395,7 | -0,60 | 1,3% |
| | 3,0 | -13.477,8 | -0,98 | -1,1% | -7.762,2 | -0,59 | 1,3% |
| | 3,6 | -16.633,2 | -0,98 | -1,3% | -9.919,2 | -0,61 | 1,0% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | | |
| Alternativa | Volumen (hm3) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 2,2 | -9.615,4 | -1,00 | -1,8% | -6.042,6 | -0,66 | 0,6% |
| 2 | 2,2 | -9.645,2 | -0,99 | -1,2% | -5.673,4 | -0,61 | 1,2% |
| | 3,0 | -13.825,9 | -0,98 | -1,1% | -8.088,7 | -0,60 | 1,2% |
| | 3,6 | -17.011,8 | -0,98 | -1,4% | -10.271,8 | -0,62 | 0,9% |

**Fuente:** Elaboración propia

# 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis preliminar, a nivel de perfil, no se estima viable la construcción de un embalse Estero El Molino, por lo que se aconseja no continuar con el análisis de este proyecto.

# 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 MOLINO
# 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| 4. | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | 7 |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.2.1. | Generalidades | 9 |
| 4.2.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 2LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 6,6 | 45,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 82,9 | 40,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 10,5 | 15,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,2 | 0,2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 55,2 | 55,2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,2 | 0,2 |
| Cereales y barbecho | 2,1 | 2,1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 39,4 | 39,4 |
| Forrajeras anuales | 2,9 | 2,9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40,0 | 21,0 | 18,0 | 37,0 | 64,0 | 88,0 | 119,0 | 121,0 | 185,0 | 162,0 | 131,0 | 79,0 | 1.065,0 |

**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 3.2-2 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** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 48,4 | 95,2 | 127,1 | 194,3 | 126,4 | 65,5 | 0,0 | 676,1 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 38,0 | 20,0 | 17,1 | 35,2 | 60,8 | 83,6 | 113,1 | 115,0 | 175,8 | 153,9 | 124,5 | 75,1 | 1.012,1 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,4 | 50,0 | 121,0 | 207,2 | 158,8 | 96,9 | 0,0 | 667,3 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 128,0 | 126,0 | 133,0 | 120,0 | 127,0 | 107,0 | 100,0 | 90,0 | 51,0 | 77,0 | 63,0 | 120,0 | 1.242,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 37,1 | 143,3 | 49,4 | 2,5 | 0,0 | 232,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 25,0 | 124,8 | 76,9 | 61,5 | 0,0 | 301,3 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 156,2 | 81,8 | 33,9 | 0,0 | 302,9 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 412 | 1.592 | 549 | 28 | 0 | 2.581 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 333 | 1.664 | 1.025 | 820 | 0 | 4.017 |
| Cultivos anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 689 | 3.471 | 1.818 | 753 | 0 | 6.731 |

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

**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 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 EL MOLINO
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

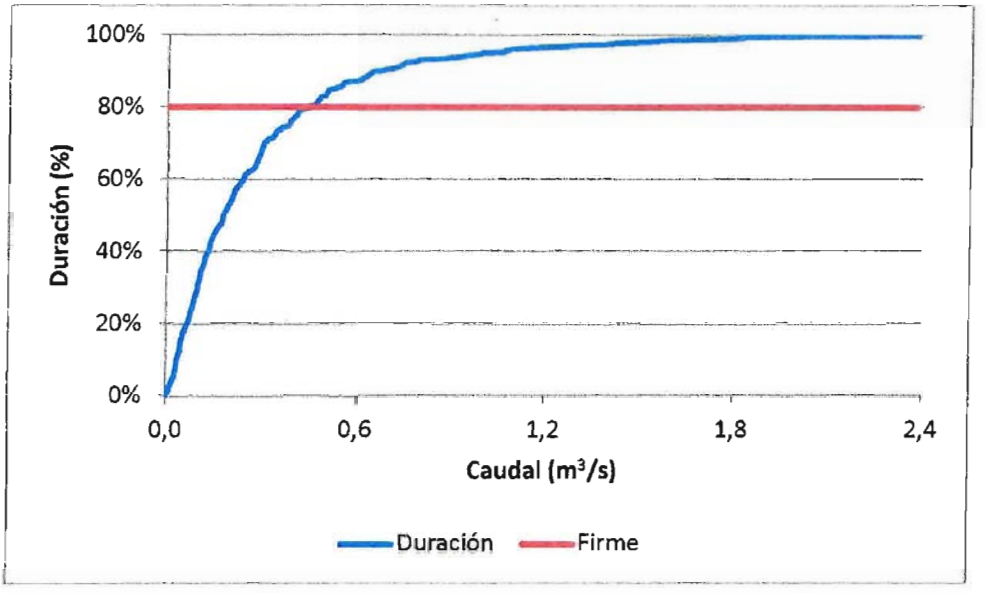
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 MOLINO
## 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.

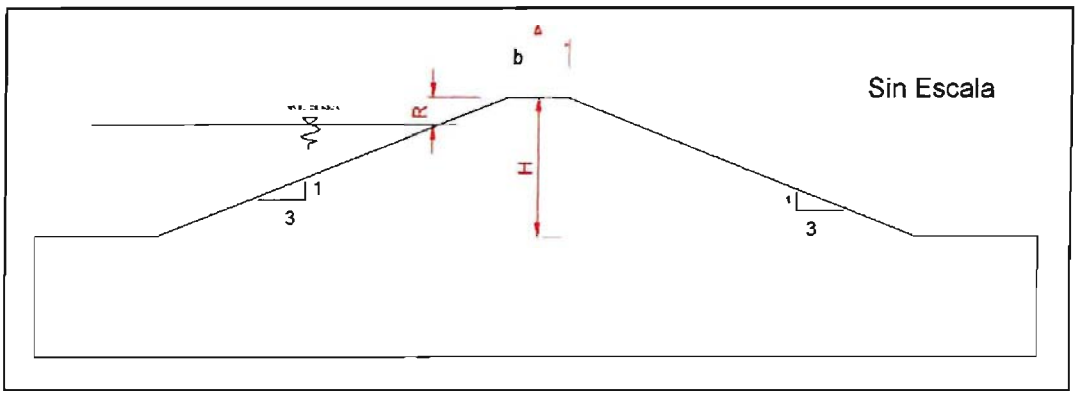
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2,2 | 28,2 | 32,5 | 283,5 | 9,5 | 3,0 | 2,5 |
| 3,0 | 33,1 | 38,5 | 289,5 | 11,0 | 3,0 | 2,5 |
| 3,6 | 36,3 | 42,0 | 293,0 | 11,5 | 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.

**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 ($t/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,2 | SC | 39 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |
| 3,0 | SC | 39 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |
| 3,6 | SC | 39 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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.

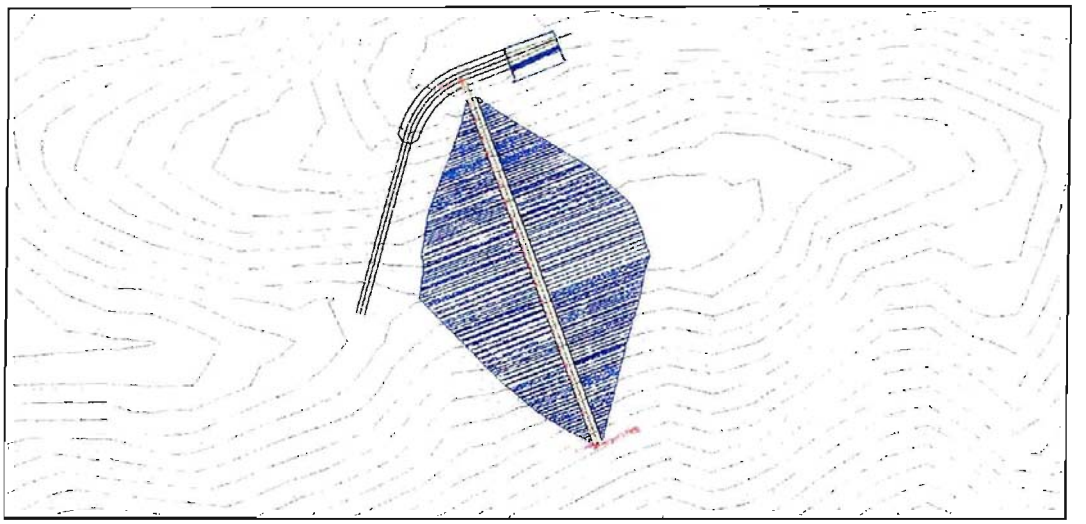
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **2,2** | 1,293 |
| **3,6** | 1,216 |

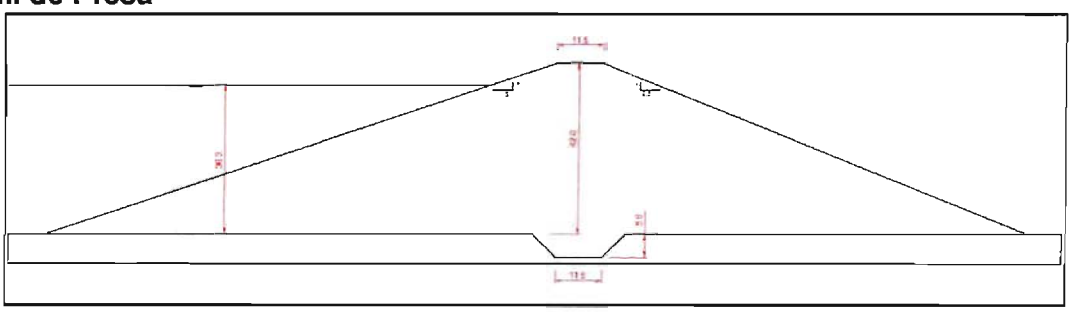
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 2,2 hm$^3$**

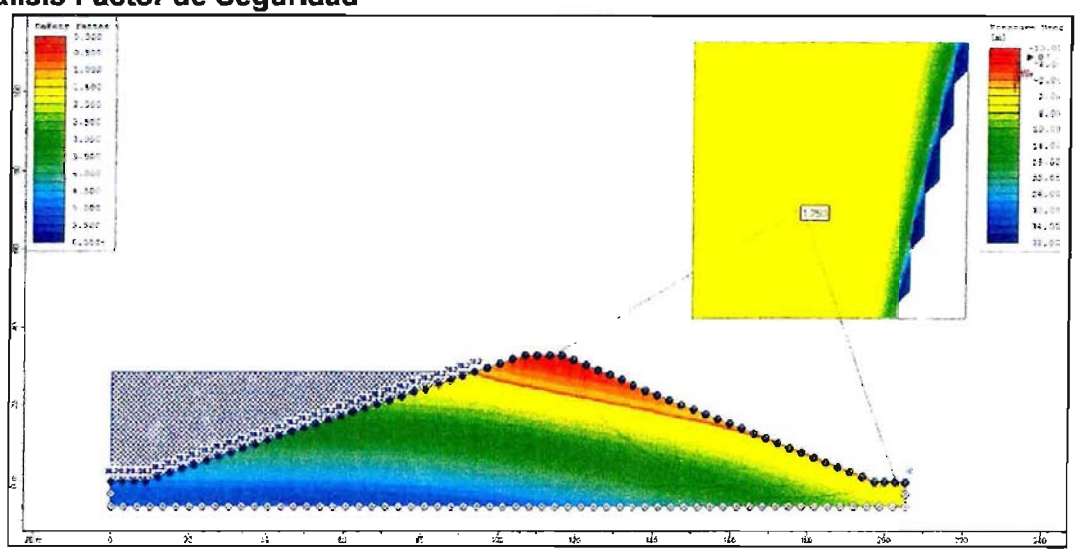
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



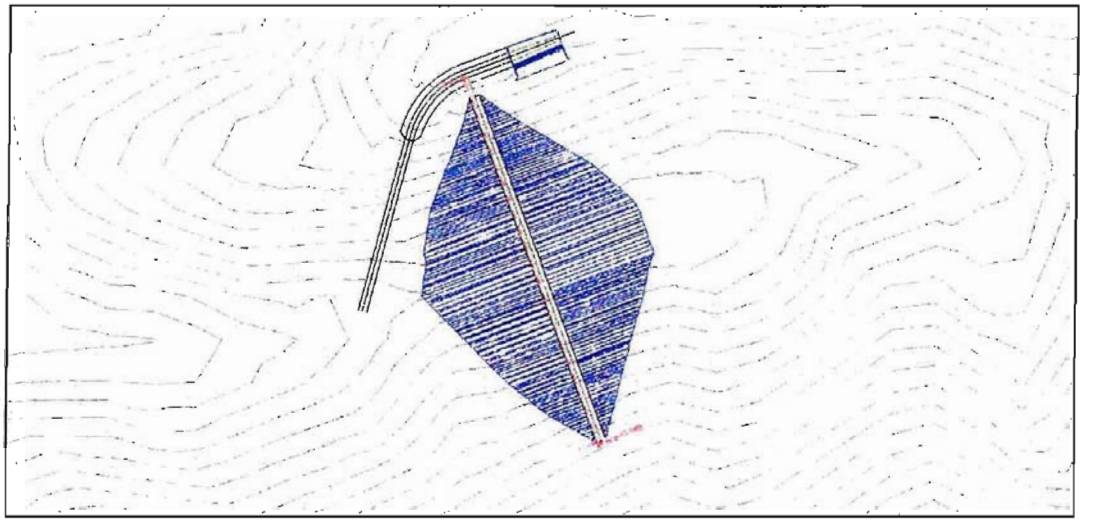
**Análisis Factor de Seguridad**



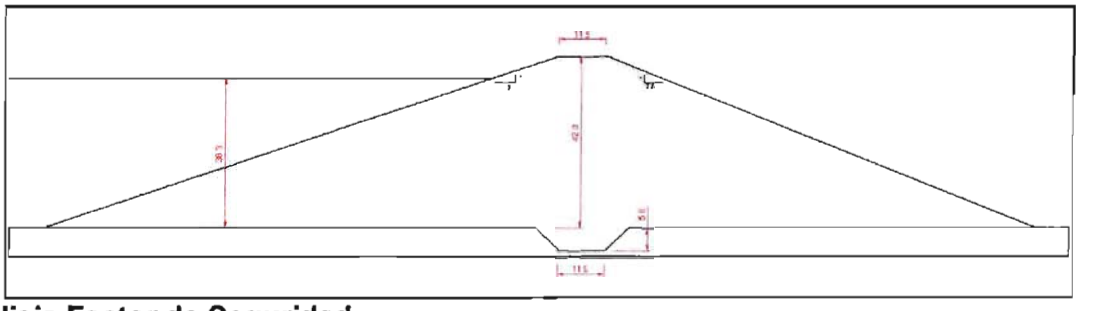
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 3,6 hm$^3$**

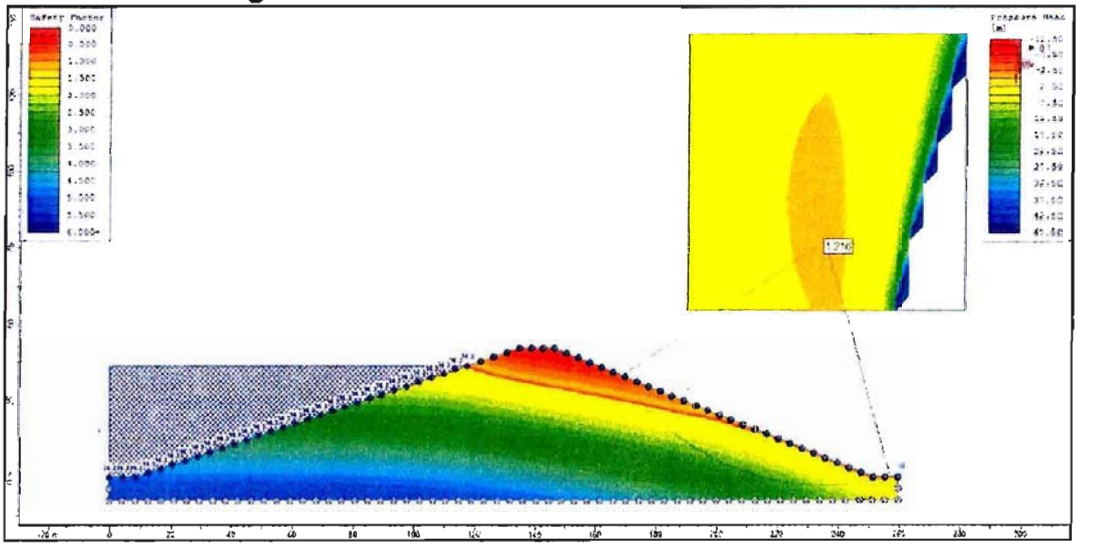
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #4:

# EMBALSE EN RÍO CHAICHAGUÉN

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO CHAICHAGUÉN (LR-015-04)"

**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 | 14 |
| 3.6. | ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS | 14 |
| 3.6.1. | Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto | 14 |
| 3.6.2. | Situación Futura o Con Proyecto | 15 |
| 3.6.3. | Demandas de Agua | 17 |
| 3.7. | BALANCE HÍDRICO | 17 |
| **4.** | **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO** | **19** |
| 4.1. | OBRAS CIVILES | 19 |
| 4.1.1. | Embalse de Regulación | 19 |
| 4.1.2. | Sistema de Distribución | 23 |
| 4.2. | MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA | 25 |
| **5.** | **PRESUPUESTO DE LAS OBRAS** | **26** |
| 5.1. | EMBALSE DE REGULACIÓN | 26 |
| 5.2. | SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN | 27 |
| 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 Chaichaguén**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Chaichaguén comuna de Río Bueno, 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 Chaichaguén actualmente presenta deficiencias debido a que los recursos hídricos provienen principalmente de la pluviometría, no se encuentranregulados. 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 Chaichaguén.

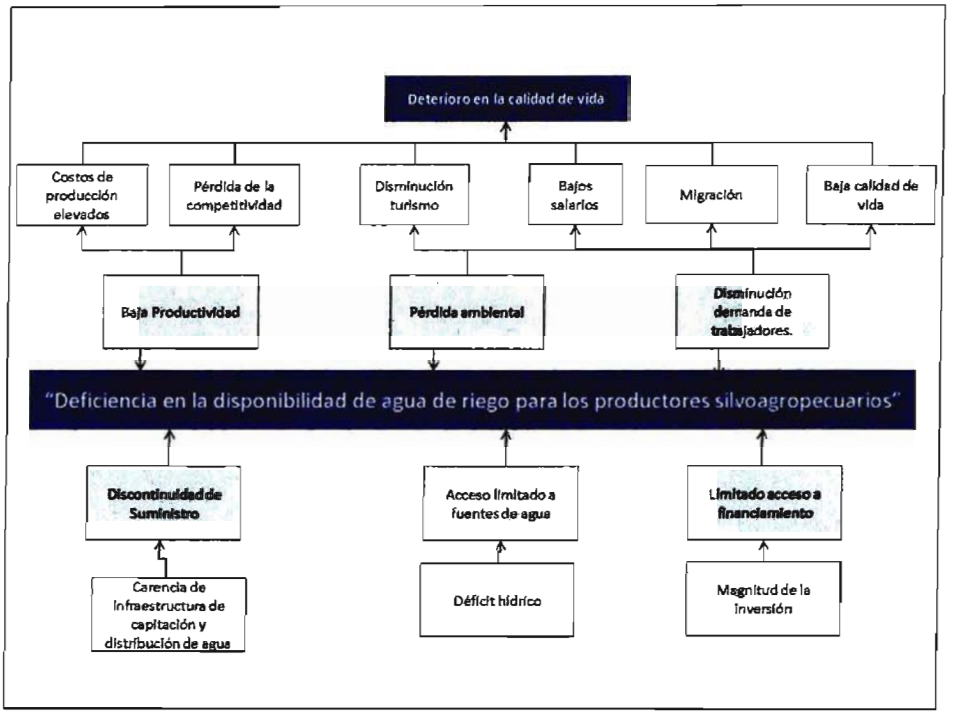
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Chaichaguén, existen 25.000 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 5.800 ha potenciales de frutales y 17.500 ha potenciales de praderas. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

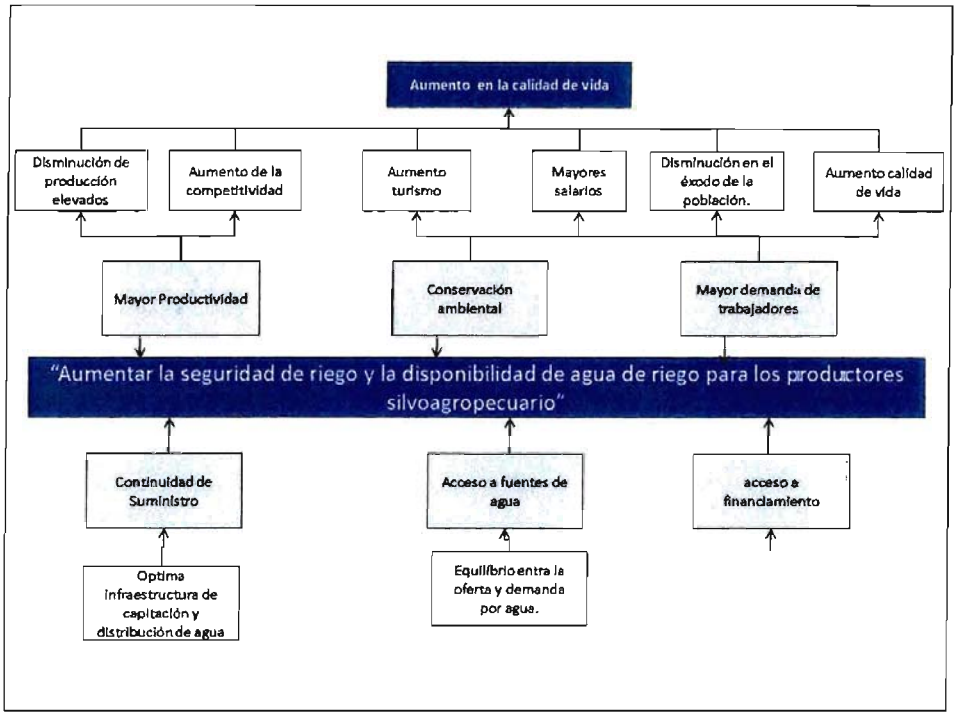



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

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 Ranco, Región de Los Ríos, Chile central (5.520.757N, 703.454E)la queocupa una superficie de 7.236 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 del Ranco se presenta un clima similar al de la provincia de Valdivia, destacándose el Agroclima de La Unión, en la zona de llano central, que posee un régimen térmico que se caracteriza por una temperatura media anual de 11,6°C, con una máxima media en enero de 23,7°C, que corresponde al mes más cálido. La temperatura media mensual se mantiene sobre 7°C. El régimen hídrico se destaca por una precipitación anual de 1.267 mm, con 222 mm en el mes más lluvioso, correspondiente a junio. En esta zona, se presenta una estación seca de un mes en febrero (INIA, 1998).

En la provincia de Ranco la precipitación anual supera los 1100 mm en la mayor parte de las localidades, registrándose en la comuna de río Bueno 1191 mm y en la de Futrono 1554 mm anuales. Las máximas precipitaciones anuales se registran en Lago Rupanco con 1947 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego se encuentra a unos 4 km aguas debajo de la zona de muro proyectada. Actualmente posee praderas naturales, frutales, invernaderos y otros cultivos. En la zona de riego se encuentran las localidades de Folilco y Chaichaiguen. (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. 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 25.000 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 Bueno y está compuesta por un total de 32.627 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Río Bueno** | 32.627 | 50% | 50% |

**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 46% de la población vive en la ciudad y el 54% 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 Río Bueno, considerando indigentes y no indigentes es de un 19,72 %, 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 | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86 | 23,14 | 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 Río Bueno | Región | País |
| Pobre Indigente | 3.17 | 4.44 | 1.31 | 4,14 | 6,11 | 3,74 |
| Pobre no Indigente | 8.58 | 3.42 | 4.93 | 15,59 | 14,33 | 11,38 |
| No Pobre | 20.11 | 23.58 | 25.37 | 80,28 | 79,56 | 84,88 |
| Total | 31.86 | 31.43 | 31.61 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

## 3.4 RECURSOS HÍDRICOS

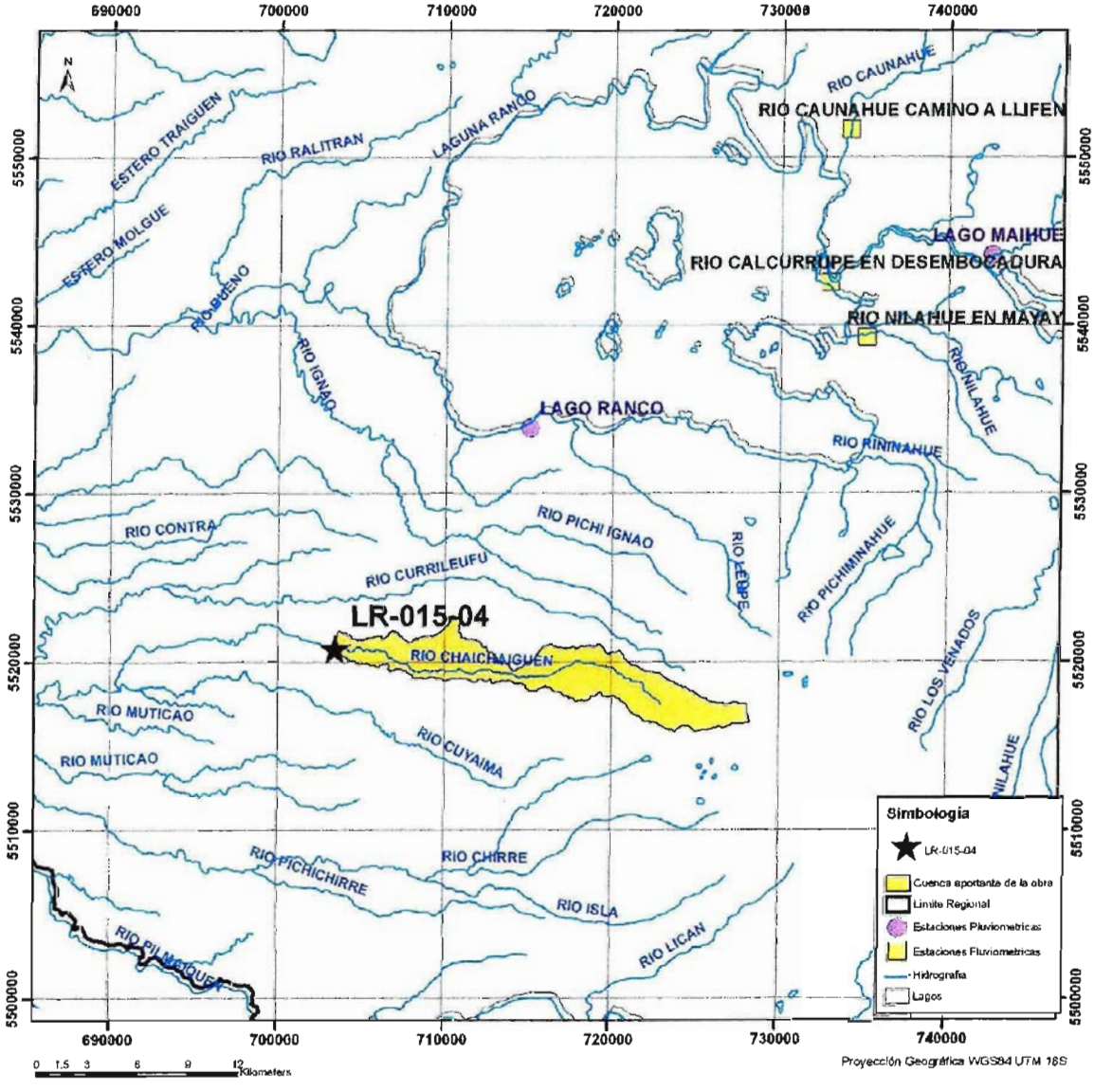
La cuenca es nivo-pluvial con una precipitación media de 2.660 mm y un caudal medio de 4,4 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Ranco. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca. Por otra parte, la estación fluviométrica Río Bueno en Bueno está influenciada por el Lago Ranco, lo que impide determinar el recurso disponible por métodos de transposición de caudales.

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.

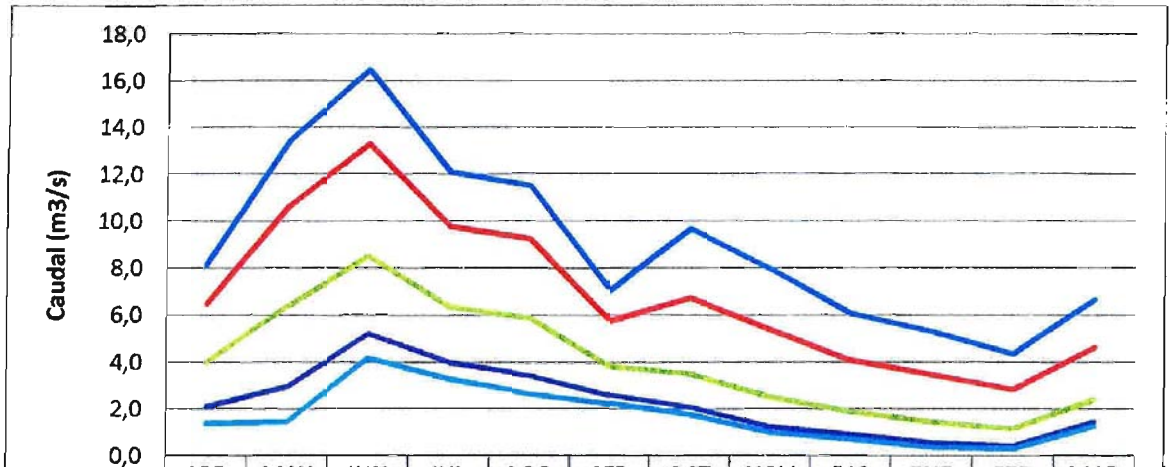
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO CHAICHAGUÉN**




| | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 8,14 | 13,38 | 16,49 | 12,09 | 11,51 | 7,03 | 9,67 | 7,96 | 6,07 | 5,29 | 4,35 | 6,65 |
| 15% | 6,50 | 10,63 | 13,30 | 9,78 | 9,26 | 5,73 | 6,72 | 5,36 | 4,07 | 3,45 | 2,83 | 4,63 |
| 50% | 3,99 | 6,38 | 8,54 | 6,35 | 5,87 | 3,84 | 3,49 | 2,52 | 1,89 | 1,44 | 1,17 | 2,42 |
| 85% | 2,08 | 2,96 | 5,22 | 3,98 | 3,45 | 2,60 | 2,07 | **1,26** | 0,93 | 0,55 | 0,44 | 1,44 |
| 95% | 1,38 | 1,44 | 4,19 | 3,28 | 2,68 | 2,26 | 1,77 | 1,00 | 0,72 | **0,37** | **0,28** | 1,24 |

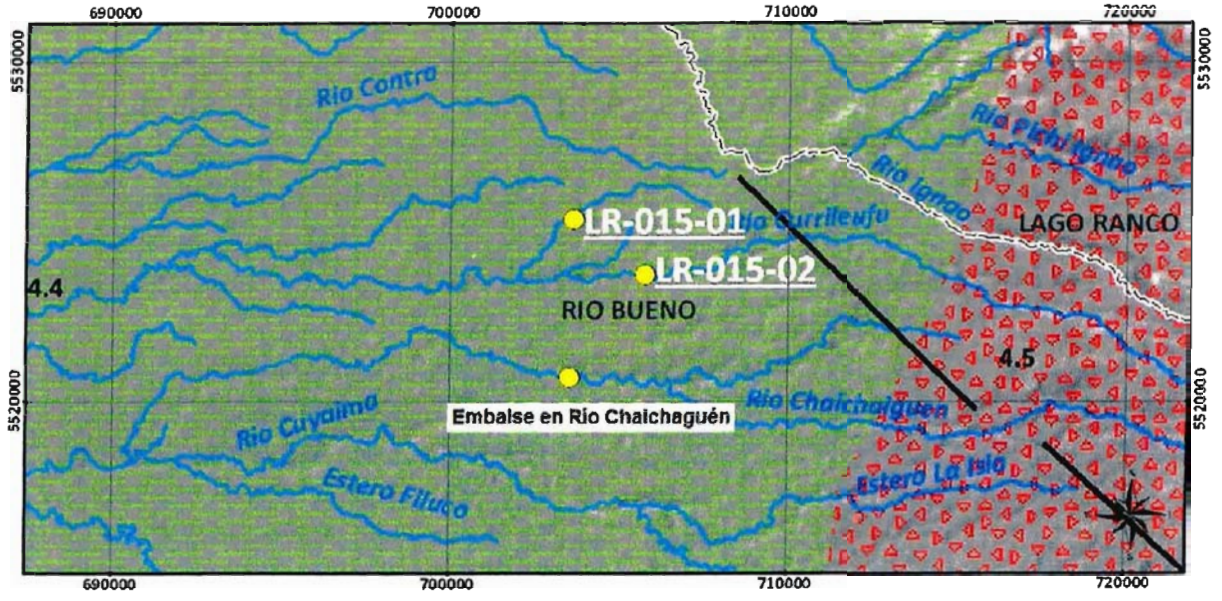
**Fuente:** Elaboración propia

## 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. Corresponde a una morfología de cerros y colinas suaves con planicies amplias y terrazas próximas a los ríos actuales. No se observan rasgos estructurales que afecten el sitio. En la Figura 3.5.1-1se 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

4.5 Precordillera Sedimentaria en paños aislados

Límite Comunal

Lineamientos y Estructuras

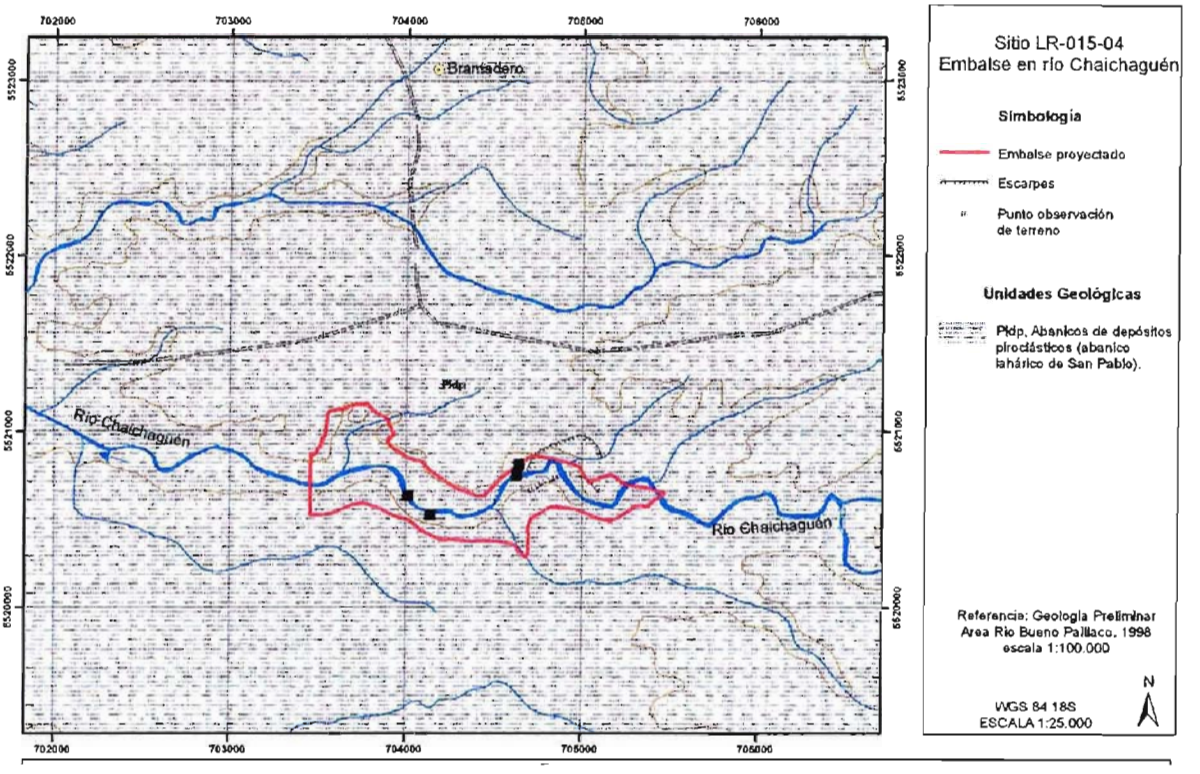
Preparado por : ProAmbiente Ltda

**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Su emplazamiento se asigna a la unidad de Depósitos de Flujos Piro clásticos del Pleistoceno (Pldp). Consisten en gravas y bloques en matriz de arenas y limos volcánicos moderadamente cementados. Aguas arriba del muro, la caja se estrecha acotada por taludes glaciofluviales de gravas, arenas (Plgf1) con estratificación gruesa. Ladera izquierda más elevada. 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

| | |
|---|---|
| Explotación de áridos. Gravas y bolones polimictìcos con cubierta de suelos orgánicos y nivel de arcillas pardo rojizas. Compacidad media alta, patinas oxidadas y coloides ferroxidados predominio de bolones intrusivos y volcánicos de hasta >80 cm. (Plgf1) | |

**FIGURA 3.5-2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

Aguas arribamuro. Caja más estrecha enterrazas fluvioglacial con nivel basal de gravas y arenas oxidadas mas cementadas. Mayor potencia de terraza en ladera izquierda.

**FIGURA 3.5-2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

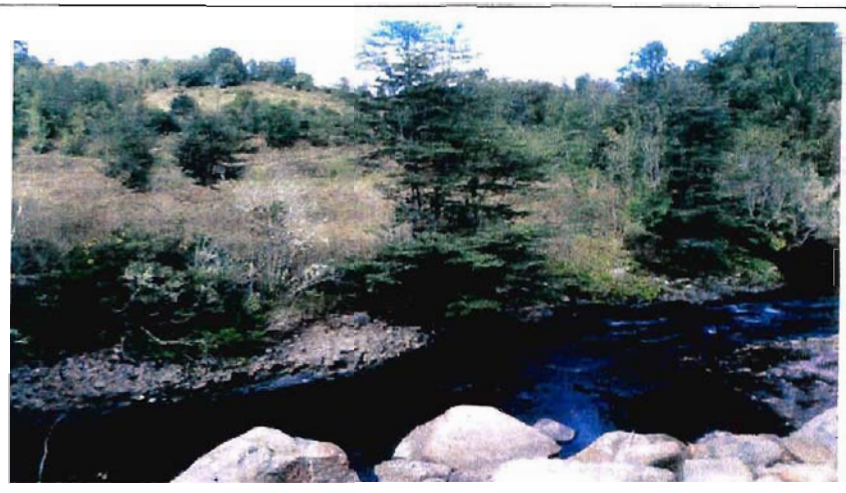
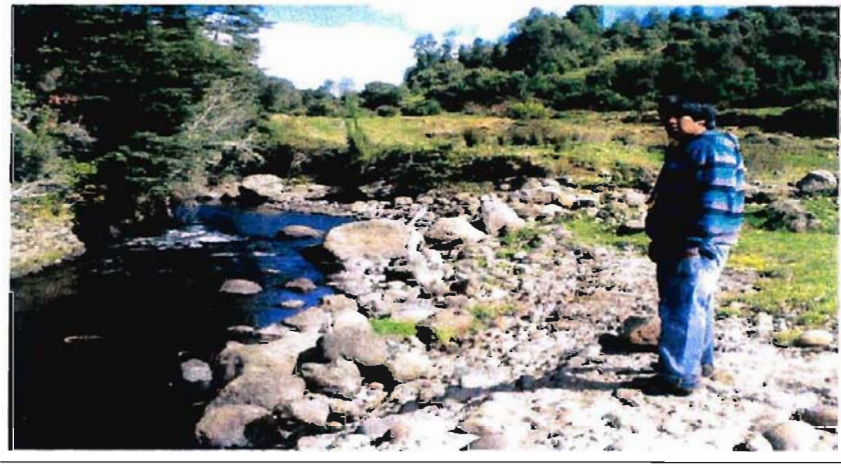
| | |
|---|---|
| Aguas arriba de muro (300m). Deposito de gravas y arenas glaciofluvial (Plgf1). Ladera izquierda de mayor potenciaque ladera derecha. Nivel basal de gravas volcánicas subredondeadas con arenas parcialmente cementadas y de compacidadmedia-alta. |   |

**FIGURA 3.5-2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Detalle nivel basal de gravas y arenas cementadas. Caja de menor altitud y aterrazada. | |

**Fuente:** Elaboración propia

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 3LR, 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 25.000,0 ha, dentro de una envolvente de 142,9 ha.

**CUADRO 3.6.1-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO**

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 15.2 | 30.4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 34.8 | 69.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **50.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 5.6 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1,172.6 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 25.1 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 70.2 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 711.5 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 55.1 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **2,040.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 50.0 | 2.3 |
| Subtotal Secano | 2,040.0 | 95.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 58.0 | 2.7 |
| **TOTAL** | **2,148.0** | **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 elCuadro 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 la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie máxima de 25.000 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 2,8, 3,4 y 3,8 hm³, los que permiten el riego de 980, 1.870 y 2.080 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 | 0.0 | 55.0 | 539.0 | 55.0 | 1,028.5 | 55.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0.0 | 45.0 | 441.0 | 45.0 | 841.5 | 45.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **0.0** | **100.0** | **980.0** | **100.0** | **1,870.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | |
| Frutales y viveros | 5.8 | 0.3 | 3.1 | 0.3 | 0.6 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1,201.3 | 57.5 | 638.0 | 57.5 | 126.5 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 25.7 | 1.2 | 13.6 | 1.2 | 2.7 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 71.9 | 3.4 | 38.2 | 3.4 | 7.6 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 729.0 | 34.9 | 387.2 | 34.9 | 76.7 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 56.4 | 2.7 | 30.0 | 2.7 | 5.9 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **2,090.0** | **100.0** | **1,110.0** | **100.0** | **220.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 0.0 | 0.0 | 980.0 | 45.6 | 1,870.0 | 87.1 |
| Subtotal Secano | 2,090.0 | 97.3 | 1,110.0 | 51.7 | 220.0 | 10.2 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 58.0 | 2.7 | 58.0 | 2.7 | 58.0 | 2.7 |
| **TOTAL** | **2,148.0** | **100.0** | **2,148.0** | **100.0** | **2,148.0** | **100.0** |

**Fuente:**Ver Anexo C y D

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

### 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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1 OBRAS CIVILES

### 4.1.1 Embalse de Regulación

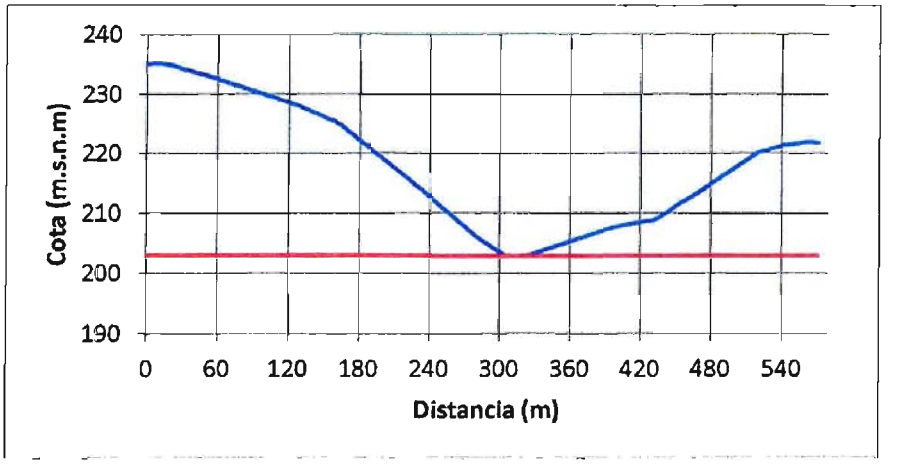
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 2,8, 3,4 y 3,8 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**



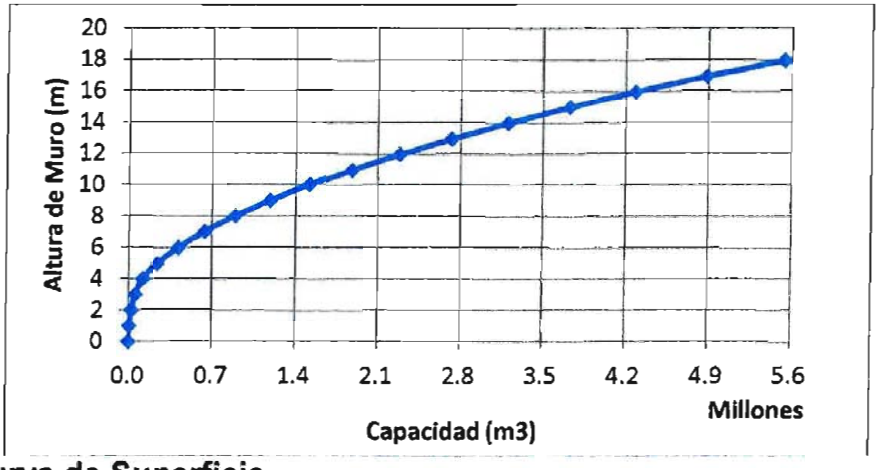

**Fuente:** Elaboración propia

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.

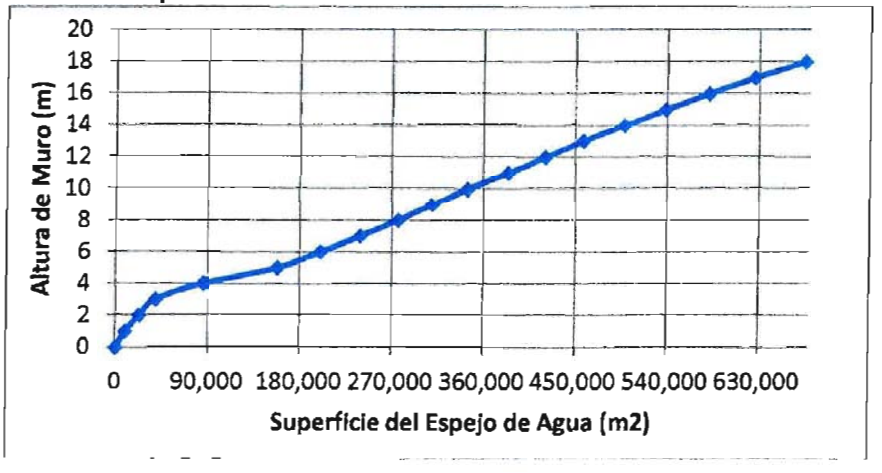
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

**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 un15%, debido a quelos cálculosrealizados 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.

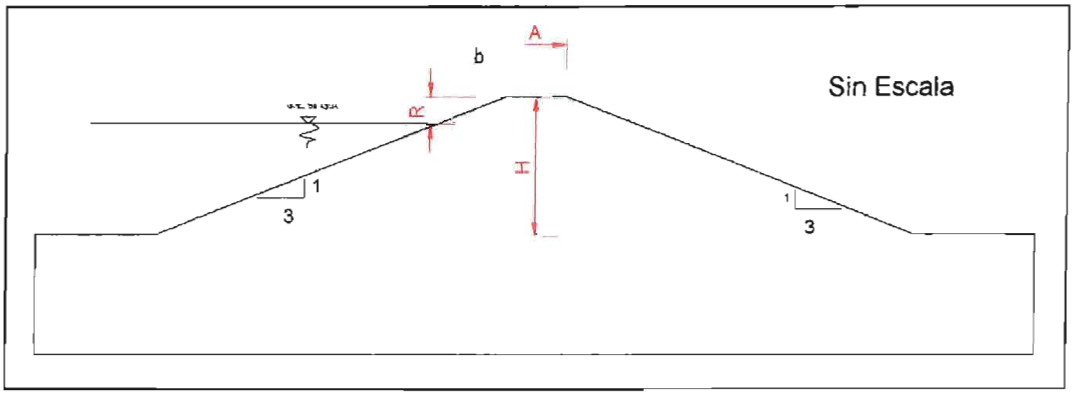
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2,8 | 13,2 | 15,5 | **218,5** | 6,5 | 3,0 | 2,5 |
| 3,4 | 14,3 | 16,5 | **221,8** | 6,5 | 3,0 | 2,5 |
| 3,8 | 14,9 | 17,3 | **220,3** | 6,5 | 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 |
|---|---|
| **2,8** | 1,257 |
| **3,8** | 1,203 |

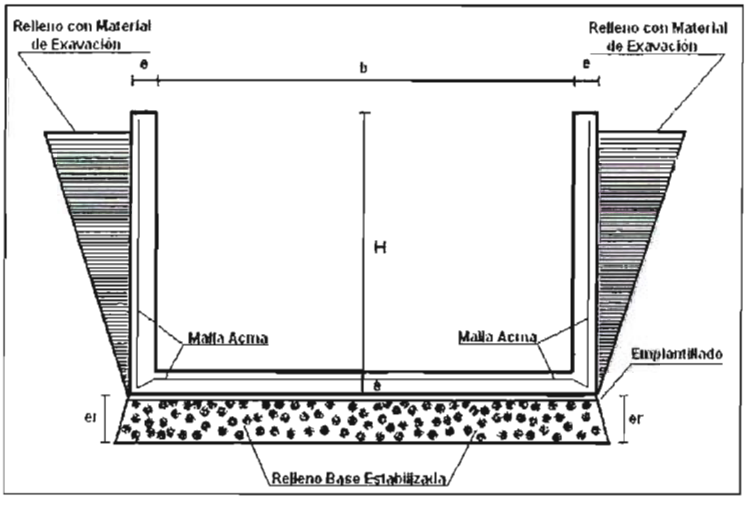
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

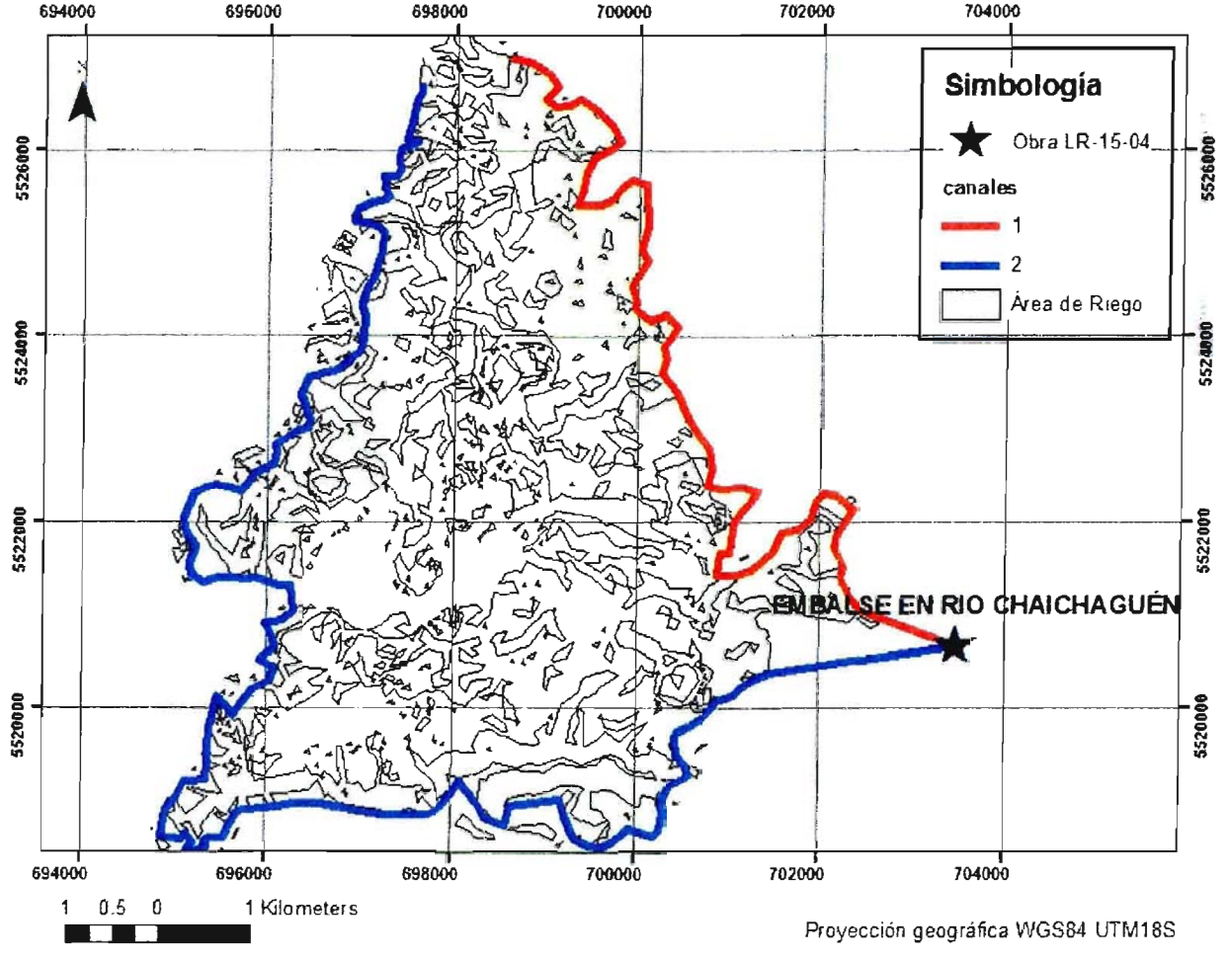
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| 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 |
| 2,8 | 980 | 4,0 | 6,7 | 0,50 | 0,7 | 0,7 | 15 | 15 |
| 3,4 | 1.870 | 19,9 | 13,6 | 0,95 | 0,9 | 0,9 | 15 | 15 |
| 3,8 | 2.080 | 24,3 | 15,0 | 1,05 | 1,0 | 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 6,9 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

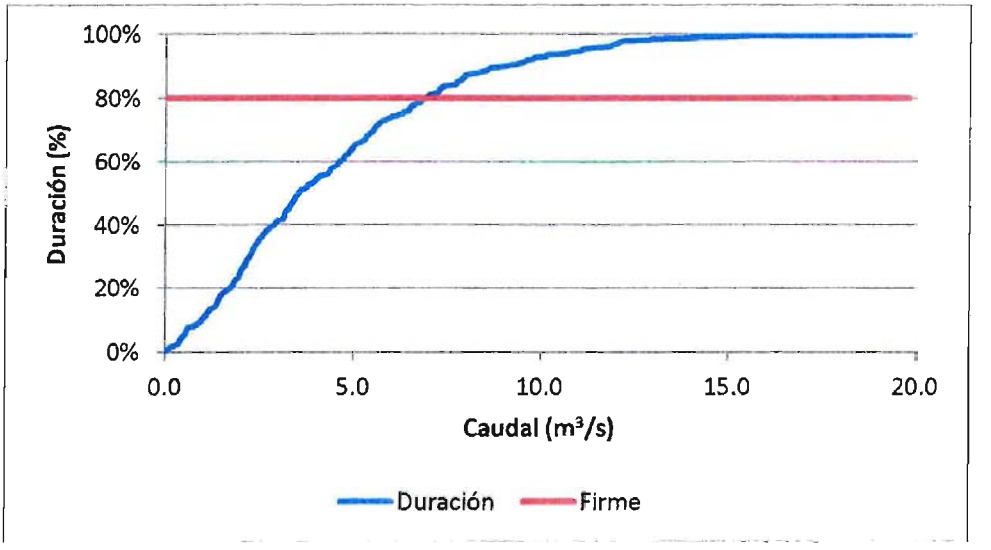
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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) |
|---|---|---|---|
| 2,8 | 13,2 | 700 | 2.471,4 |
| 3,4 | 14,3 | 756 | 3.110.8 |
| 3,8 | 14,9 | 790 | 3.154,4 |

**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.

**CUADRO 5.1-1**
**PRESUPUESTO DE LAS OBRAS DE EMBALSE**

| Volumen = 2,8 $hm^3$ / h= 15,5 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| $m^2$ | Roce descepe y escarpe | 27.506 | 1.500 | 1.320 | 41.259.000 | 36.307.920 |
| $m^3$ | Excavaciones | 6.094 | 5.000 | 4.800 | 30.468.000 | 29.249.280 |
| $m^3$ | Relleno de la presa | 123.015 | 4.000 | 3.840 | 492.058.400 | 472.376.064 |
| $m^3$ | Enrocado de protección e=0,5 m | 5.101 | 50.000 | 48.000 | 255.025.000 | 244.824.000 |
| $m^2$ | Filtro geotextil sobre enrocado | 12.241 | 3.500 | 3.430 | 42.844.200 | 41.987.316 |
| **Total Muro** | | | | | **861.654.600** | **824.744.580** |
| **Volumen = 3,4 $hm^3$ / h=16,5,0 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| $m^2$ | Roce descepe y escarpe | 29.607 | 1.500 | 1.320 | 44.409.833 | 39.080.653 |
| $m^3$ | Excavaciones | 6.397 | 5.000 | 4.800 | 31.985.778 | 30.706.347 |
| $m^3$ | Relleno de la presa | 143.775 | 4.000 | 3.840 | 575.099.289 | 552.095.317 |
| $m^3$ | Enrocado de protección e=0,5 m | 5.683 | 50.000 | 48.000 | 284.150.000 | 272.784.000 |
| $m^2$ | Filtro geotextil sobre enrocado | 13.639 | 3.500 | 3.430 | 47.737.200 | 46.782.456 |
| **Total Muro** | | | | | **983.382.100** | **941.448.773** |
| **Volumen = 3,8 $hm^3$ / h=17,3 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| $m^2$ | Roce descepe y escarpe | 31.287 | 1.500 | 1.320 | 46.930.500 | 41.298.840 |
| $m^3$ | Excavaciones | 6.640 | 5.000 | 4.800 | 33.200.000 | 31.872.000 |
| $m^3$ | Relleno de la presa | 160.383 | 4.000 | 3.840 | 641.532.000 | 615.870.720 |
| $m^3$ | Enrocado de protección e=0,5 m | 6.149 | 50.000 | 48.000 | 307.450.000 | 295.152.000 |
| $m^2$ | Filtro geotextil sobre enrocado | 14.758 | 3.500 | 3.430 | 51.651.600 | 50.618.568 |
| **Total Muro** | | | | | **1.080.764.100** | **1.034.812.128** |

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 | 1.315 | 12.594 | 11.335 | 16.561.110 | 14.904.999 |
| m³ | Hormigón H-30 | 3.611 | 99.523 | 94.547 | 359.402.434 | 341.432.312 |
| m² | Malla Acma C-295 | 24.075 | 7.877 | 7.719 | 189.638.775 | 185.846.000 |
| m² | Moldajes 3 usos | 11.057 | 8.834 | 7.951 | 97.674.593 | 87.907.134 |
| m² | Aplicación Antisol | 7.490 | 255 | 230 | 1.909.950 | 1.718.955 |
| m | Juntas de dilatación | 4.494 | 5.994 | 5.395 | 26.937.036 | 24.243.332 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **692.123.898** | **656.052.732** |
| **Muro 1= 3,6 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 5.223 | 12.594 | 11.335 | 65.778.462 | 59.200.616 |
| m³ | Hormigón H-30 | 14.321 | 99.523 | 94.547 | 1.425.293.764 | 1.354.029.076 |
| m² | Malla Acma C-295 | 95.475 | 7.877 | 7.719 | 752.056.575 | 737.015.444 |
| m² | Moldajes 3 usos | 43.550 | 8.834 | 7.951 | 384.720.700 | 346.248.630 |
| m² | Aplicación Antisol | 30.150 | 255 | 230 | 7.688.250 | 6.919.425 |
| m | Juntas de dilatación | 18.090 | 5.994 | 5.395 | 108.431.460 | 97.588.314 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **2.743.969.211** | **2.601.001.504** |
| **Muro 3= 4,2 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 6.776 | 12.594 | 11.335 | 85.336.944 | 76.803.250 |
| m³ | Hormigón H-30 | 16.211 | 99.523 | 94.547 | 1.613.392.234 | 1.532.722.622 |
| m² | Malla Acma C-295 | 108.075 | 7.877 | 7.719 | 851.306.775 | 834.280.640 |
| m² | Moldajes 3 usos | 45.850 | 8.834 | 7.951 | 405.038.900 | 364.535.010 |
| m² | Aplicación Antisol | 39.300 | 255 | 230 | 10.021.500 | 9.019.350 |
| m | Juntas de dilatación | 20.436 | 5.994 | 5.395 | 122.493.384 | 110.244.046 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **3.087.589.737** | **2.927.604.917** |

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 ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|
| 2,8 | 711,0 | 1.691.935.000 | 74.890 | 3.500.000 |
| 3,4 | 768,0 | 1.827.289.800 | 80.881 | 3.780.000 |
| 3,8 | 802,0 | 1.909.469.500 | 84.519 | 3.950.000 |

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 ($) |
|---|---|---|
| 2,8 | 47,2 | 234.507.140,0 |
| 3,4 | 51,8 | 257.551.194,0 |
| 3,8 | 54,7 | 272.010.208,0 |

**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 = 2,8 hm$^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 861.654.600 | 824.744.580 |
| **Obra de Desvío** | 86.165.460 | 82.474.458 |
| **Obra de Toma** | 43.082.730 | 41.237.229 |
| **Vertedero** | 301.579.110 | 288.660.603 |
| **Sistema de Distribución** | 692.123.898 | 656.052.732 |
| **Caminos de Acceso** | 86.165.460 | 82.474.458 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.080.771.258** | **1.985.644.060** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **1.248.462.755** | **1.191.386.436** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 1.691.935.000 | 1.691.935.000 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.691.935.000** | **1.691.935.000** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **592.177.250** | **592.177.250** |
| **EXPROPIACIONES** | **234.507.140** | **234.507.140** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **5.847.853.403** | **5.695.649.886** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **258.855** | **252.118** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **12.097.088** | **11.782.234** |

| Volumen = 3,4 hm$^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 983.382.100 | 941.448.773 |
| **Obra de Desvío** | 98.338.210 | 94.144.877 |
| **Obra de Toma** | 49.169.105 | 47.072.439 |
| **Vertedero** | 344.183.735 | 329.507.071 |
| **Sistema de Distribución** | 2.743.969.211 | 2.601.001.504 |
| **Caminos de Acceso** | 98.338.210 | 94.144.877 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **4.327.380.571** | **4.117.319.541** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **2.596.428.342** | **2.470.391.725** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 1.827.289.800 | 1.827.289.800 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.827.289.800** | **1.827.289.800** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **639.551.430** | **639.551.430** |
| **EXPROPIACIONES** | **257.551.194** | **257.551.194** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **9.648.201.337** | **9.312.103.690** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **427.078** | **412.200** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **19.958.630** | **19.263.366** |

| Volumen = 3,8 hm$^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 1.080.764.100 | 1.034.812.128 |

**CUADRO 5.5-1**
**RESUMEN DE COSTOS**

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 108.076.410 | 103.481.213 |
| **Obra de Toma** | 54.038.205 | 51.740.606 |
| **Vertedero** | 378.267.435 | 362.184.245 |
| **Sistema de Distribución** | 3.087.589.737 | 2.927.604.917 |
| **Caminos de Acceso** | 108.076.410 | 103.481.213 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **4.826.812.297** | **4.593.304.322** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **2.896.087.378** | **2.755.982.593** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 1.909.469.500 | 1.909.469.500 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.909.469.500** | **1.909.469.500** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **668.314.325** | **668.314.325** |
| **EXPROPIACIONES** | **272.010.208** | **272.010.208** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **10.572.693.708** | **10.199.080.948** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **468.000** | **451.462** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **21.871.070** | **21.098.200** |

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) <u>Márgenes Unitarios</u>

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 | 164.772.316 | 164.772.316 | 0 | 164.772.316 | 0 | 164.772.316 | 0 | 164.772.316 | 0 |
| 1 | 177.662.735 | -194.692.834 | -372.355.569 | -983.580.156 | -1.161.242.891 | -1.362.383.803 | -1.540.046.538 | -1.515.578.616 | -1.693.241.351 |
| 2 | 177.662.735 | -194.118.805 | -371.781.541 | -1.309.370.424 | -1.487.033.159 | -1.914.534.353 | -2.092.197.088 | -2.133.618.871 | -2.311.281.606 |
| 3 | 177.662.735 | -193.164.295 | -370.827.030 | -2.252.331.983 | -2.429.994.718 | -3.196.309.410 | -3.373.972.145 | -3.568.639.014 | -3.746.301.749 |
| 4 | 177.662.735 | -193.134.491 | -370.797.226 | -1.556.832.301 | -1.734.495.036 | -1.232.280.111 | -1.409.942.846 | -1.370.469.511 | -1.548.132.246 |
| 5 | 177.662.735 | -240.047.335 | -417.710.070 | -1.479.004.224 | -1.656.666.959 | -805.750.696 | -983.413.431 | -887.550.696 | -1.065.213.431 |
| 6 | 13.132.754 | -378.185.581 | -391.318.335 | -161.260.614 | -174.393.369 | 880.624.943 | 867.492.189 | 1.038.814.898 | 1.025.682.144 |
| 7 | 80.579.419 | -47.094.965 | -127.674.384 | 1.061.106.623 | 980.527.205 | 2.878.030.530 | 2.797.451.111 | 3.227.802.999 | 3.147.223.580 |
| 8 | 74.138.787 | -47.130.089 | -121.268.876 | 1.838.113.486 | 1.763.974.699 | 4.384.517.300 | 4.310.378.513 | 4.914.610.645 | 4.840.471.857 |
| 9 | 90.125.757 | -47.065.056 | -137.190.813 | 2.367.339.365 | 2.277.213.609 | 5.391.700.644 | 5.301.574.887 | 6.039.940.777 | 5.949.815.021 |
| 10 | 111.514.711 | -46.301.055 | -157.815.766 | 2.897.314.024 | 2.785.799.313 | 6.392.613.761 | 6.281.099.050 | 7.157.265.648 | 7.045.750.937 |
| 11 | 138.816.353 | -45.566.219 | -184.382.572 | 3.205.660.439 | 3.066.844.086 | 6.959.851.955 | 6.821.035.602 | 7.788.499.563 | 7.649.683.209 |
| 12 | 148.195.480 | -45.585.592 | -193.781.073 | 3.217.140.664 | 3.068.945.183 | 6.971.332.180 | 6.823.136.699 | 7.799.979.788 | 7.651.784.307 |
| 13 | 164.772.316 | -45.602.729 | -210.375.045 | 3.236.749.710 | 3.071.977.394 | 6.990.941.226 | 6.826.168.910 | 7.819.588.834 | 7.654.816.518 |
| 14 | 177.662.735 | -45.633.493 | -223.296.229 | 2.018.414.817 | 1.840.752.082 | 4.619.007.657 | 4.441.344.922 | 5.162.496.042 | 4.984.833.307 |
| 15 | 177.662.735 | -45.603.689 | -223.266.425 | 593.512.467 | 415.849.732 | 1.862.509.851 | 1.684.847.116 | 2.076.839.808 | 1.899.177.073 |
| 16 | 177.662.735 | -45.600.007 | -223.262.742 | -1.876.876.213 | -2.054.538.948 | -2.916.499.026 | -3.094.161.762 | -3.272.839.230 | -3.450.501.966 |
| 17 | 174.445.352 | -49.542.210 | -223.987.562 | -726.729.565 | -901.174.917 | -687.786.888 | -862.232.240 | -777.515.397 | -951.960.750 |
| 18 | 176.877.831 | -47.094.965 | -223.972.796 | -429.243.930 | -606.121.761 | -114.593.985 | -291.471.816 | -136.170.137 | -313.047.968 |
| 19 | 15.521.104 | -47.130.089 | -62.651.193 | 168.682.300 | 153.161.196 | 1.209.525.882 | 1.194.004.778 | 1.367.458.269 | 1.351.937.166 |
| 20 | 80.600.322 | -47.065.056 | -127.665.378 | 1.061.117.997 | 980.517.675 | 2.878.032.785 | 2.797.432.462 | 3.227.802.999 | 3.147.202.676 |
| 21 | 74.415.310 | -46.301.055 | -120.716.365 | 1.838.564.578 | 1.764.149.268 | 4.384.606.706 | 4.310.191.396 | 4.914.610.645 | 4.840.195.335 |
| 22 | 90.889.758 | -45.566.219 | -136.455.976 | 2.368.154.909 | 2.277.265.151 | 5.391.862.283 | 5.300.972.526 | 6.039.940.777 | 5.949.051.019 |
| 23 | 112.067.222 | -45.585.592 | -157.652.815 | 2.897.713.862 | 2.785.646.639 | 6.392.693.008 | 6.280.625.786 | 7.157.265.648 | 7.045.198.426 |
| 24 | 138.816.353 | -45.602.729 | -184.419.082 | 3.205.660.439 | 3.066.844.086 | 6.959.851.955 | 6.821.035.602 | 7.788.499.563 | 7.649.683.209 |
| 25 | 148.195.480 | -45.633.493 | -193.828.974 | 3.217.140.664 | 3.068.945.183 | 6.971.332.180 | 6.823.136.699 | 7.799.979.788 | 7.651.784.307 |
| 26 | 164.772.316 | -45.603.689 | -210.376.005 | 3.236.749.710 | 3.071.977.394 | 6.990.941.226 | 6.826.168.910 | 7.819.588.834 | 7.654.816.518 |
| 27 | 177.662.735 | -45.600.007 | -223.262.742 | 2.018.414.817 | 1.840.752.082 | 4.619.007.657 | 4.441.344.922 | 5.162.496.042 | 4.984.833.307 |
| 28 | 174.445.352 | -49.542.210 | -223.987.562 | 591.361.995 | 416.916.643 | 1.862.083.631 | 1.687.638.279 | 2.076.839.808 | 1.902.394.456 |
| 29 | 176.877.831 | -47.094.965 | -223.972.796 | -1.877.703.131 | -2.054.580.962 | -2.916.662.920 | -3.093.540.751 | -3.272.839.230 | -3.449.717.061 |
| 30 | 176.833.702 | -47.130.089 | -223.963.791 | -725.430.022 | -902.263.724 | -687.529.321 | -864.363.022 | -777.515.397 | -954.349.099 |

**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 | 228.787.877 | 228.787.877 | 0 | 228.787.877 | 0 | 228.787.877 | 0 | 228.787.877 | 0 |
| 1 | 245.550.360 | -142.775.271 | -388.325.631 | -922.398.306 | -1.167.948.665 | -1.295.975.850 | -1.541.526.209 | -1.447.878.816 | -1.693.429.176 |
| 2 | 245.550.360 | -142.082.877 | -387.633.237 | -1.210.227.578 | -1.455.777.938 | -1.793.149.902 | -2.038.700.261 | -2.006.736.495 | -2.252.286.855 |
| 3 | 245.550.360 | -140.930.713 | -386.481.073 | -2.095.712.065 | -2.341.262.424 | -2.963.632.669 | -3.209.183.028 | -3.317.161.710 | -3.562.712.070 |
| 4 | 245.550.360 | -140.904.770 | -386.455.129 | -1.374.381.055 | -1.619.931.415 | -949.632.229 | -1.195.182.589 | -1.063.053.921 | -1.308.604.280 |
| 5 | 245.550.360 | -187.816.535 | -433.366.895 | -1.169.507.502 | -1.415.057.862 | -277.331.182 | -522.881.541 | -305.015.435 | -550.565.795 |
| 6 | 60.254.335 | -322.000.886 | -382.255.221 | 452.988.772 | 392.734.437 | 1.827.480.036 | 1.767.225.701 | 2.067.887.132 | 2.007.632.797 |
| 7 | 124.915.216 | 2.864.840 | -122.050.376 | 1.510.426.845 | 1.385.511.628 | 3.755.826.878 | 3.630.911.661 | 4.211.514.793 | 4.086.599.577 |
| 8 | 122.214.221 | 4.945.934 | -117.268.288 | 2.440.629.377 | 2.318.415.156 | 5.497.656.849 | 5.375.442.628 | 6.153.971.772 | 6.031.757.551 |
| 9 | 142.646.647 | 4.918.573 | -137.728.073 | 3.047.961.377 | 2.905.314.730 | 6.672.555.040 | 6.529.908.394 | 7.469.167.224 | 7.326.520.577 |
| 10 | 167.443.726 | 5.073.479 | -162.370.248 | 3.660.522.656 | 3.493.078.929 | 7.836.970.265 | 7.669.526.539 | 8.769.995.784 | 8.602.552.057 |
| 11 | 197.445.060 | 5.880.717 | -191.564.343 | 4.030.966.353 | 3.833.521.293 | 8.526.180.790 | 8.328.735.730 | 9.538.002.603 | 9.340.557.543 |
| 12 | 209.330.217 | 6.649.216 | -202.681.001 | 4.064.568.767 | 3.855.238.550 | 8.559.439.815 | 8.350.109.598 | 9.571.176.745 | 9.361.846.528 |
| 13 | 228.787.877 | 6.631.478 | -222.156.399 | 4.078.457.535 | 3.849.669.658 | 8.573.328.583 | 8.344.540.706 | 9.585.065.513 | 9.356.277.636 |
| 14 | 245.550.360 | 6.592.426 | -238.957.934 | 2.727.211.663 | 2.481.661.304 | 5.938.400.891 | 5.692.850.531 | 6.632.823.214 | 6.387.272.854 |
| 15 | 245.550.360 | 6.622.230 | -238.928.130 | 1.097.414.686 | 851.864.326 | 2.767.010.102 | 2.521.459.743 | 3.080.364.292 | 2.834.813.932 |
| 16 | 245.550.360 | 6.625.913 | -238.924.447 | -1.720.256.295 | -1.965.806.654 | -2.683.822.285 | -2.929.372.645 | -3.021.361.927 | -3.266.912.286 |
| 17 | 242.544.128 | 6.635.929 | -235.908.199 | -542.127.847 | -784.671.975 | -404.712.786 | -647.256.914 | -470.099.808 | -712.643.936 |
| 18 | 244.615.576 | 2.857.370 | -241.758.206 | -120.984.306 | -365.599.882 | 413.580.338 | 168.964.762 | 446.365.124 | 201.749.548 |
| 19 | 62.298.422 | 4.937.823 | -57.360.599 | 780.695.239 | 718.396.817 | 2.155.937.715 | 2.093.639.292 | 2.396.530.503 | 2.334.232.081 |
| 20 | 125.042.762 | 4.910.463 | -120.132.299 | 1.511.539.069 | 1.386.496.307 | 3.756.047.319 | 3.631.004.557 | 4.211.514.793 | 4.086.472.031 |
| 21 | 122.611.780 | 5.065.369 | -117.546.411 | 2.440.698.777 | 2.318.086.997 | 5.497.670.604 | 5.375.058.824 | 6.153.971.772 | 6.031.359.992 |
| 22 | 143.453.885 | 5.872.607 | -137.581.278 | 3.048.484.896 | 2.905.031.011 | 6.672.658.801 | 6.529.204.916 | 7.469.167.224 | 7.325.713.339 |
| 23 | 168.008.312 | 6.640.327 | -161.367.985 | 3.661.390.160 | 3.493.381.848 | 7.837.142.203 | 7.669.133.892 | 8.769.995.784 | 8.601.987.472 |
| 24 | 197.445.060 | 6.623.191 | -190.821.870 | 4.031.394.625 | 3.833.949.564 | 8.526.265.673 | 8.328.820.613 | 9.538.002.603 | 9.340.557.543 |
| 25 | 209.330.217 | 6.592.426 | -202.737.791 | 4.064.568.767 | 3.855.238.550 | 8.559.439.815 | 8.350.109.598 | 9.571.176.745 | 9.361.846.528 |
| 26 | 228.787.877 | 6.622.230 | -222.165.647 | 4.078.457.535 | 3.849.669.658 | 8.573.328.583 | 8.344.540.706 | 9.585.065.513 | 9.356.277.636 |
| 27 | 245.550.360 | 6.625.913 | -238.924.447 | 2.727.211.663 | 2.481.661.304 | 5.938.400.891 | 5.692.850.531 | 6.632.823.214 | 6.387.272.854 |
| 28 | 242.544.128 | 6.635.929 | -235.908.199 | 1.097.414.686 | 854.870.558 | 2.767.010.102 | 2.524.465.974 | 3.080.364.292 | 2.837.820.164 |
| 29 | 244.615.576 | 2.857.370 | -241.758.206 | -1.722.320.310 | -1.966.935.886 | -2.684.231.369 | -2.928.846.945 | -3.021.361.927 | -3.265.977.502 |
| 30 | 244.588.216 | 4.937.823 | -239.650.392 | -543.064.751 | -787.652.967 | -404.898.479 | -649.486.694 | -470.099.808 | -714.688.023 |

**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 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 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 UTILIDDES**

| Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|
| | Privado | Social | Privado | Social |
| 2,8 | 2.221.835.776 | 2.127.346.125 | 1.107.398.237 | 1.049.684.371 |
| 3,4 | 2.533.458.176 | 2.426.108.860 | 4.390.350.737 | 4.161.602.406 |
| 3,8 | 2.782.756.096 | 2.665.119.048 | 4.940.143.579 | 4.684.167.867 |

**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 UTILIDDES**

| Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|
| 2,8 | 700 | 2.284.112.250 |
| 3,4 | 756 | 2.466.841.230 |
| 3,8 | 790 | 2.577.783.825 |

**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 no es rentable a precios privados, y a precios sociales tiene una rentabilidad menor al proyecto de sólo riego. Es interesante observar que en

este caso los indicadores son menores a los anteriores, 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 $) | IVAN | Tir (%) |
| **2,8** | -3.649,2 | -1,10 | 7,4% | 7.602,6 | 2,39 | 11,2% |
| **3,4** | 1.418,0 | 0,20 | 12,9% | 28.661,0 | 4,35 | 16,4% |
| **3,8** | 1.832,0 | 0,24 | 13,1% | 32.411,0 | 4,41 | 16,6% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | |
| Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| **2,8** | -5.204,7 | -0,93 | 6,5% | 6.607,3 | 1,21 | 9,8% |
| **3,4** | -102,3 | -0,01 | 11,9% | 27.859,0 | 3,08 | 15,1% |
| **3,8** | 208,5 | 0,02 | 12,1% | 31.513,4 | 3,17 | 15,3% |

**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 3,8hm³, 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 2.090 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 CHAICHAGUÉN
# 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 3LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 30,4 | 55,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 69,5 | 45,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,0 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 57,5 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1,2 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 3,4 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 34,9 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 2,7 | 2,7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45,0 | 27,0 | 25,0 | 36,0 | 54,0 | 75,0 | 94,0 | 121,0 | 141,0 | 131,0 | 107,0 | 77,0 | 933,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,2 | 41,3 | 75,2 | 127,1 | 148,1 | 102,2 | 53,5 | 0,0 | 563,6 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 42,8 | 25,7 | 23,8 | 34,2 | 51,3 | 71,3 | 89,3 | 115,0 | 134,0 | 124,5 | 101,7 | 73,2 | 886,8 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 39,5 | 121,0 | 157,9 | 128,4 | 79,2 | 0,0 | 554,5 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109,0 | 131,0 | 122,0 | 134,0 | 120,0 | 105,0 | 93,0 | 87,0 | 66,0 | 54,0 | 67,0 | 99,0 | 1.187,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 40,1 | 82,1 | 48,2 | 0,0 | 0,0 | 170,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,0 | 68,0 | 70,5 | 34,7 | 0,0 | 201,2 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,0 | 91,9 | 74,4 | 12,2 | 0,0 | 212,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 446,0 | 912,0 | 536,0 | 0,0 | 0,0 | 1.894,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 373,0 | 907,0 | 940,0 | 463,0 | 0,0 | 2.683,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 756,0 | 2.042,0 | 1.653,0 | 271,0 | 0,0 | 4.722,0 |

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

**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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 CHAICHAGUÉN
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

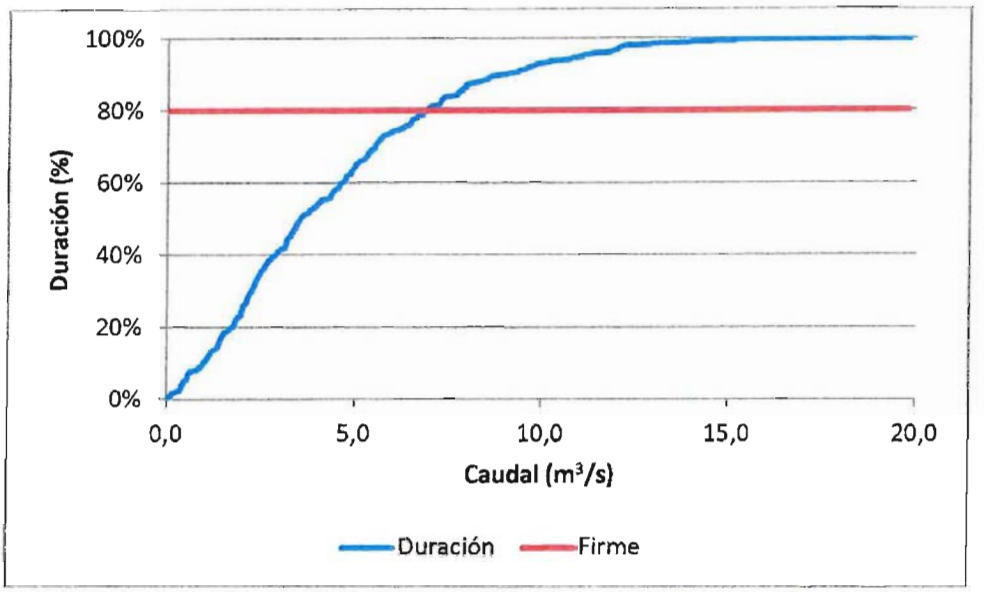
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 ESTERO CHACHAGUÉN
# 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.

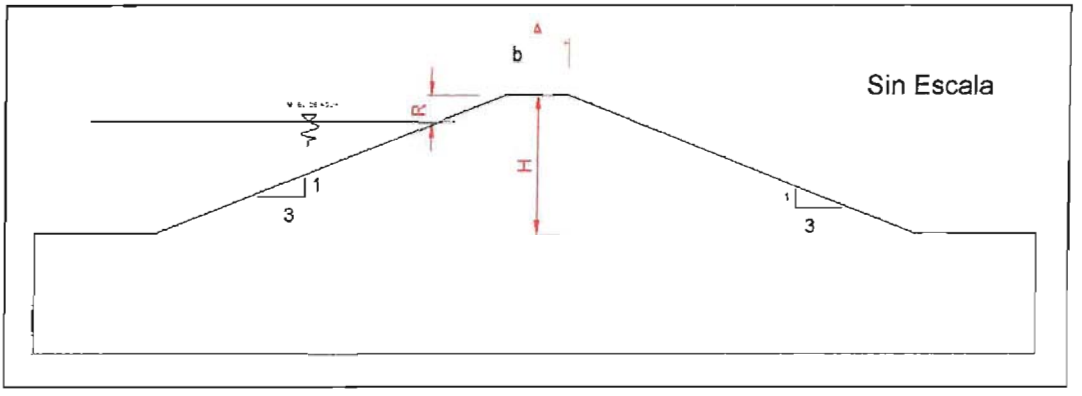
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2,8 | 13,2 | 15,5 | 218,5 | 6,5 | 3,0 | 2,5 |
| 3,8 | 14,9 | 17,3 | 220,3 | 6,5 | 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.

**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 ($t/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 2,8 | CL-SC | 36 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |
| 3,8 | CL-SC | 36 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

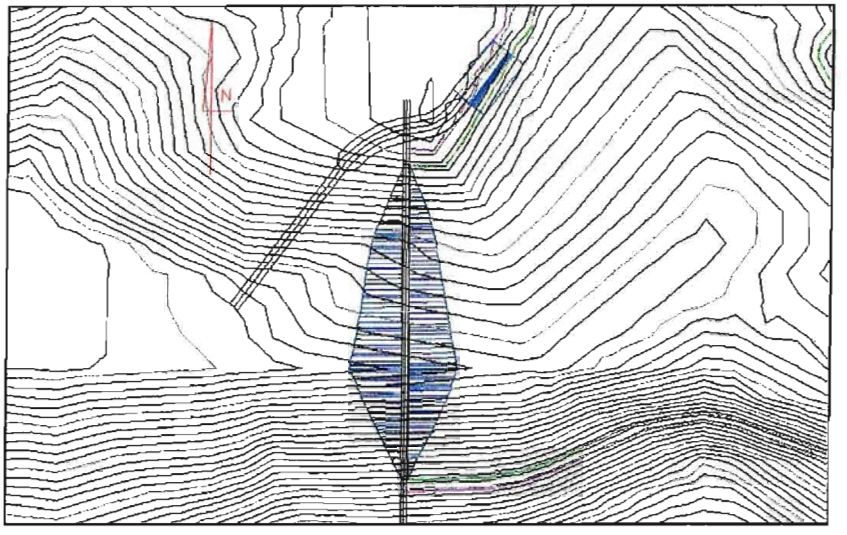
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **2,8** | 1,257 |
| **3,8** | 1,203 |

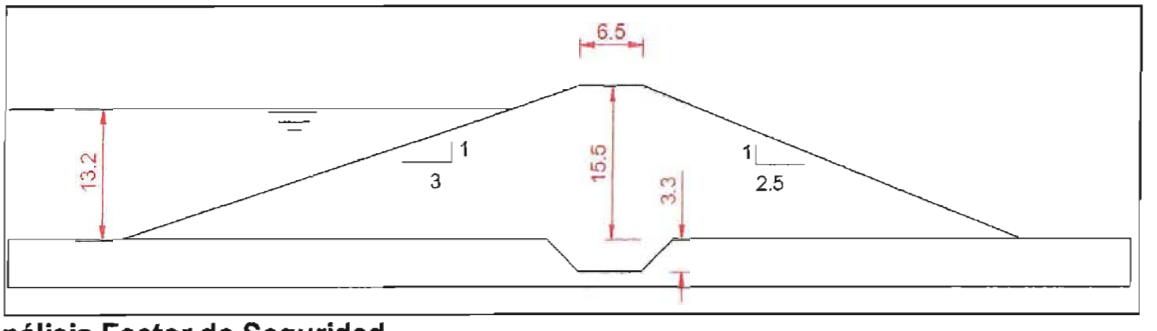
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 2,8 hm$^3$**

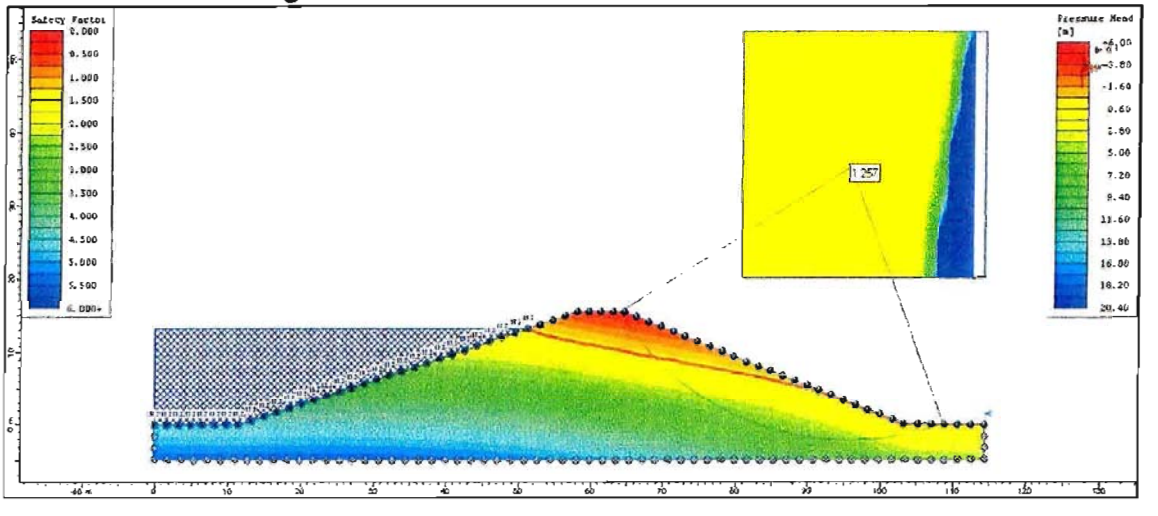
**Vista en Planta**




**Perfil de Presa**



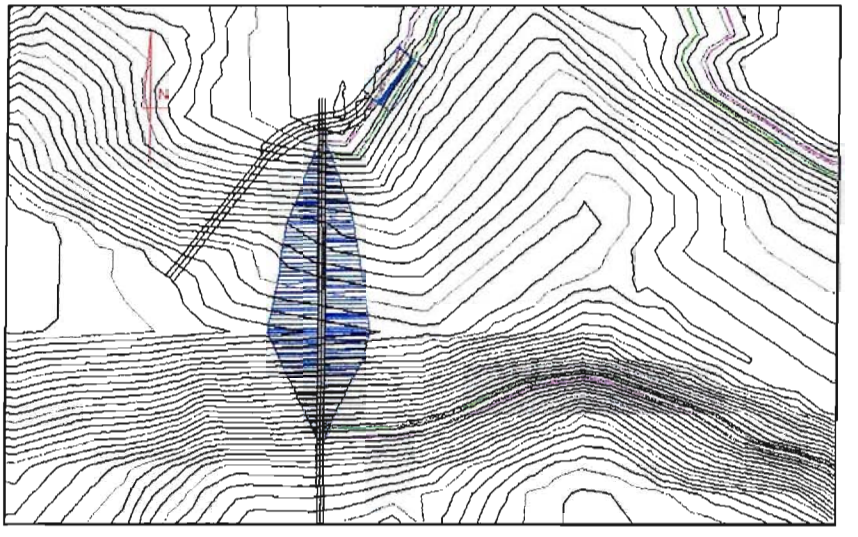

**Análisis Factor de Seguridad**



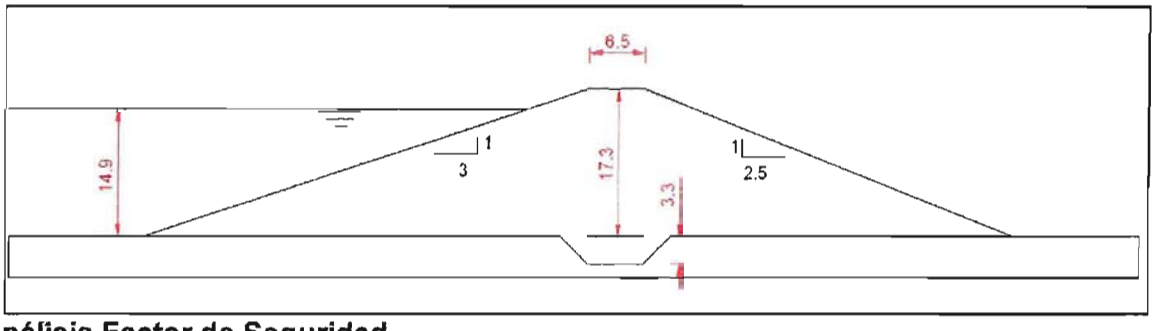

**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 3,8 hm$^3$**

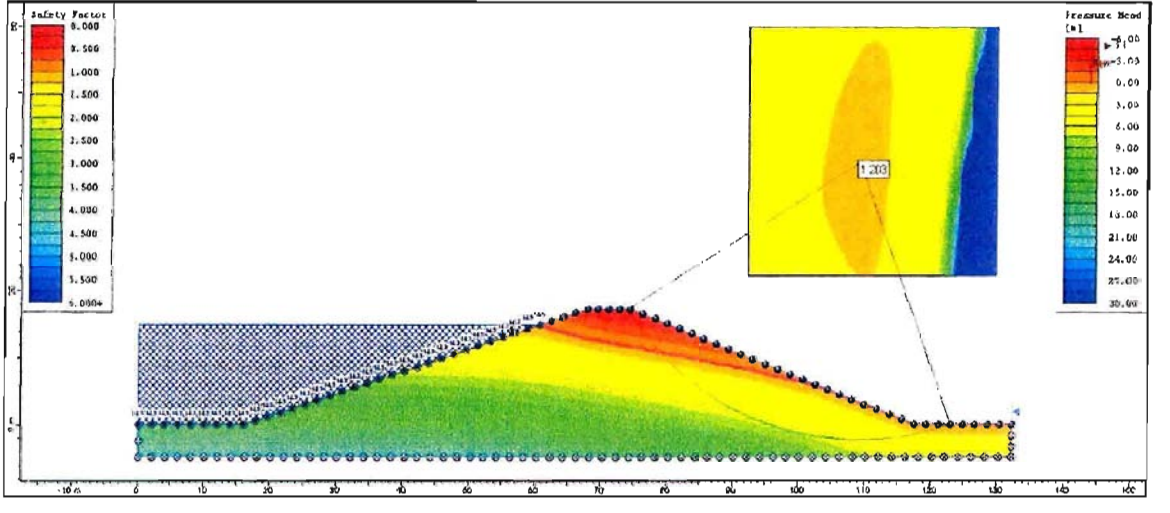
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**




**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #5:

# EMBALSE EN RÍO IGNAO

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO IGNAO (LR-015-05)"

**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. | 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 | 14 |
| 3.6. | ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS | 14 |
| 3.6.1. | Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto | 14 |
| 3.6.2. | Situación Futura o Con Proyecto | 15 |
| 3.6.3. | Demandas de Agua | 17 |
| 3.7. | BALANCE HÍDRICO | 17 |
| **4.** | **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO** | **19** |
| 4.1. | OBRAS CIVILES | 19 |
| 4.1.1. | Embalse de Regulación | 19 |
| 4.1.2. | Sistema de Distribución | 23 |
| 4.2. | MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA | 25 |
| **5.** | **PRESUPUESTO DE LAS OBRAS** | **26** |
| 5.1. | EMBALSE DE REGULACIÓN | 26 |
| 5.2. | SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN | 27 |
| 5.3. | MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA | 29 |
| 5.4. | EXPROPIACIONES | 29 |
| 5.5. | RESUMEN DE COSTOS | 29 |
| **6.** | **EVALUACIÓN ECONÓMICA** | **32** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 32 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 32 |
| 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 Ignao**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Ignao comuna de Río Bueno, 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 Ignao 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 Ignao.

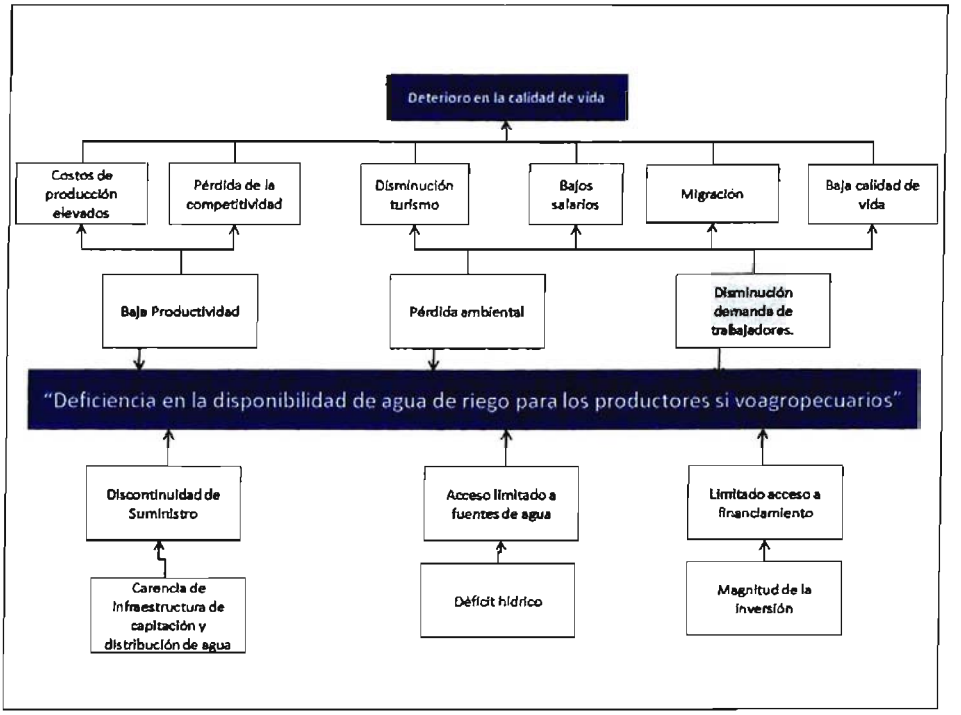
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Ignao, existen 25.000 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 5.800 ha potenciales de frutales y 17.500 ha potenciales de praderas. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

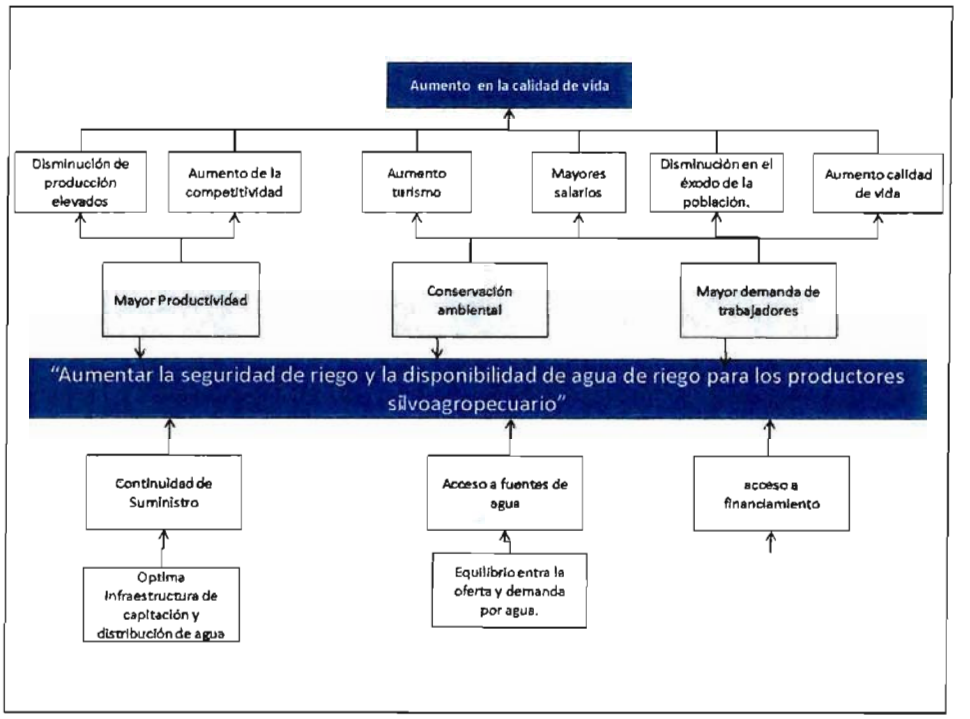



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles en los meses de Junio a Septiembre, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.
- Alternativa 2: 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 Ranco, Región de Los Ríos, Chile central (5.533.275N, 705.858E)la queocupa una superficie de

7.236 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 del Ranco se presenta un clima similar al de la provincia de Valdivia, destacándose el Agroclima de La Unión, en la zona de llano central, que posee un régimen térmico que se caracteriza por una temperatura media anual de 11,6°C, con una máxima media en enero de 23,7°C, que corresponde al mes más cálido. La temperatura media mensual se mantiene sobre 7°C. El régimen hídrico se destaca por una precipitación anual de 1.267 mm, con 222 mm en el mes más lluvioso, correspondiente a junio. En esta zona, se presenta una estación seca de un mes en febrero (INIA, 1998).

En la provincia de Ranco la precipitación anual supera los 1100 mm en la mayor parte de las localidades, registrándose en la comuna de río Bueno 1191 mm y en la de Futrono 1554 mm anuales. Las máximas precipitaciones anuales se registran en Lago Rupanco con 1947 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

Las Zonas de riego se encuentran a 5 y 11 km del sitio. Corresponden a Localidades de Pitriuco y Las Juntas, ambas reducciones indígenas que poseen pequeña agricultura, más desarrollada que en otras zonas de la región y ganadería. (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. 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 25.000 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 Bueno y está compuesta por un total de 32.627 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Río Bueno** | 32.627 | 50% | 50% |

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

En cuanto a la composición de la población comunal, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 46% de la población vive en la ciudad y el 54% 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 Río Bueno, considerando indigentes y no indigentes, es de un 19,72 %, 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 | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86 | 23,14 | 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 Río Bueno | Región | País |
| Pobre Indigente | 3,17 | 4,44 | 1,31 | 4,14 | 6,11 | 3,74 |
| Pobre no Indigente | 8,58 | 3,42 | 4,93 | 15,59 | 14,33 | 11,38 |
| No Pobre | 20,11 | 23,58 | 25,37 | 80,28 | 79,56 | 84,88 |
| Total | 31,86 | 31,43 | 31,61 | 100,00 | 100.00 | 100.00 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

## 3.4 RECURSOS HÍDRICOS

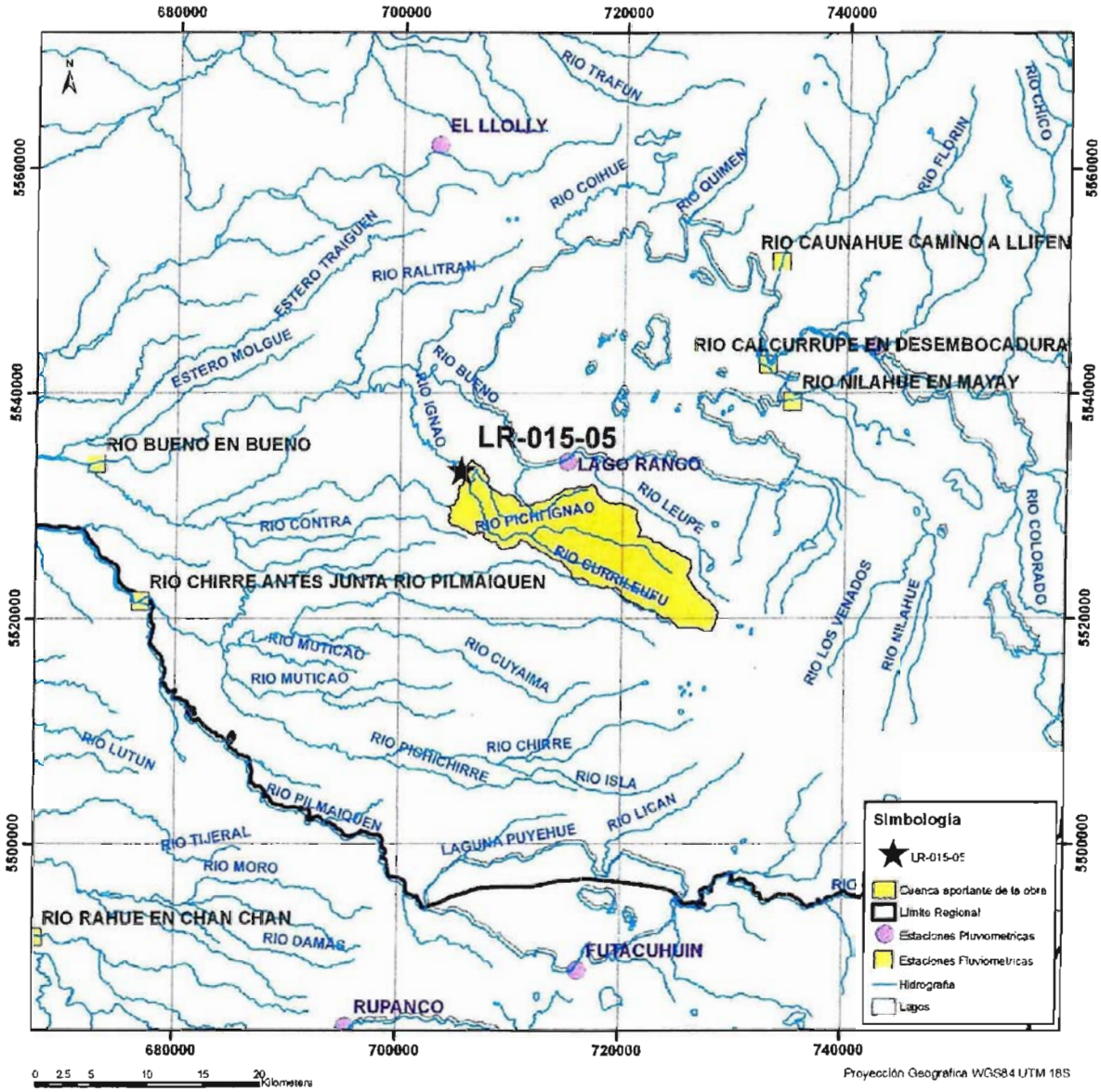
La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.160 mm y un caudal medio de 7,2 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Ranco. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca. Por otra parte, la estación fluviométrica Río Bueno en Bueno está influenciada por el Lago Ranco, lo que impide determinar el recurso disponible por métodos de transposición de caudales.

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 A.

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

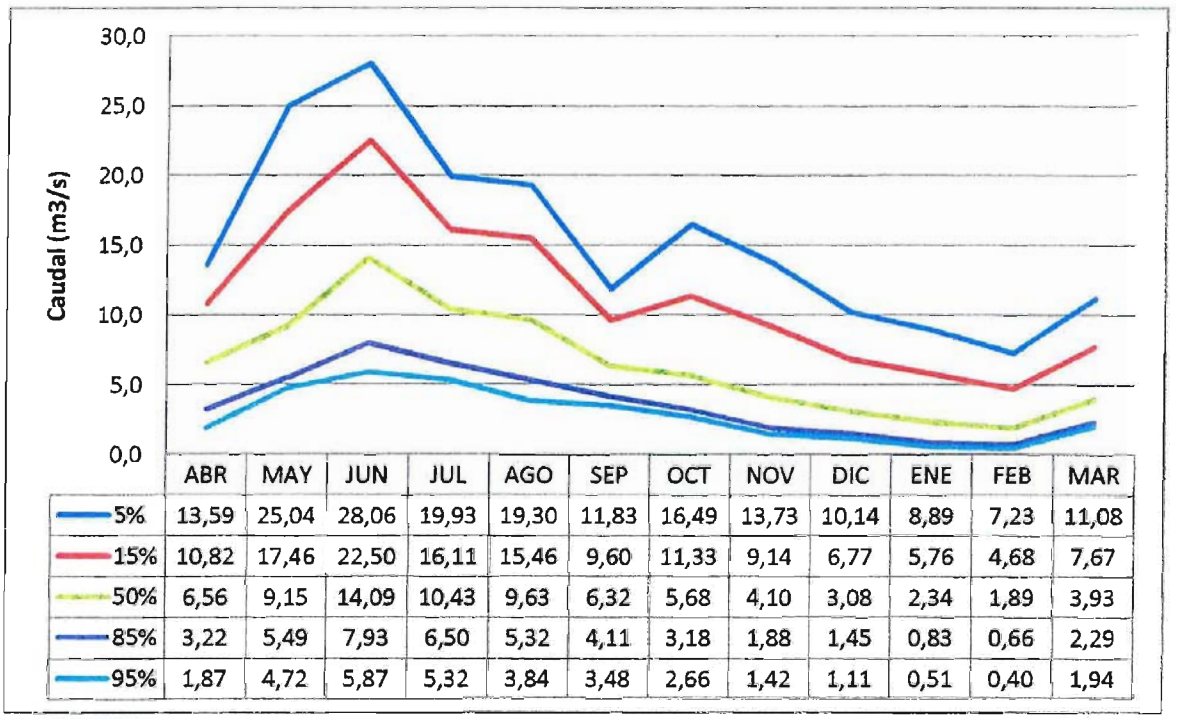
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO IGNAO**




| | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 13,59 | 25,04 | 28,06 | 19,93 | 19,30 | 11,83 | 16,49 | 13,73 | 10,14 | 8,89 | 7,23 | 11,08 |
| 15% | 10,82 | 17,46 | 22,50 | 16,11 | 15,46 | 9,60 | 11,33 | 9,14 | 6,77 | 5,76 | 4,68 | 7,67 |
| 50% | 6,56 | 9,15 | 14,09 | 10,43 | 9,63 | 6,32 | 5,68 | 4,10 | 3,08 | 2,34 | 1,89 | 3,93 |
| 85% | 3,22 | 5,49 | 7,93 | 6,50 | 5,32 | 4,11 | 3,18 | 1,88 | 1,45 | 0,83 | 0,66 | 2,29 |
| 95% | 1,87 | 4,72 | 5,87 | 5,32 | 3,84 | 3,48 | 2,66 | 1,42 | 1,11 | 0,51 | 0,40 | 1,94 |

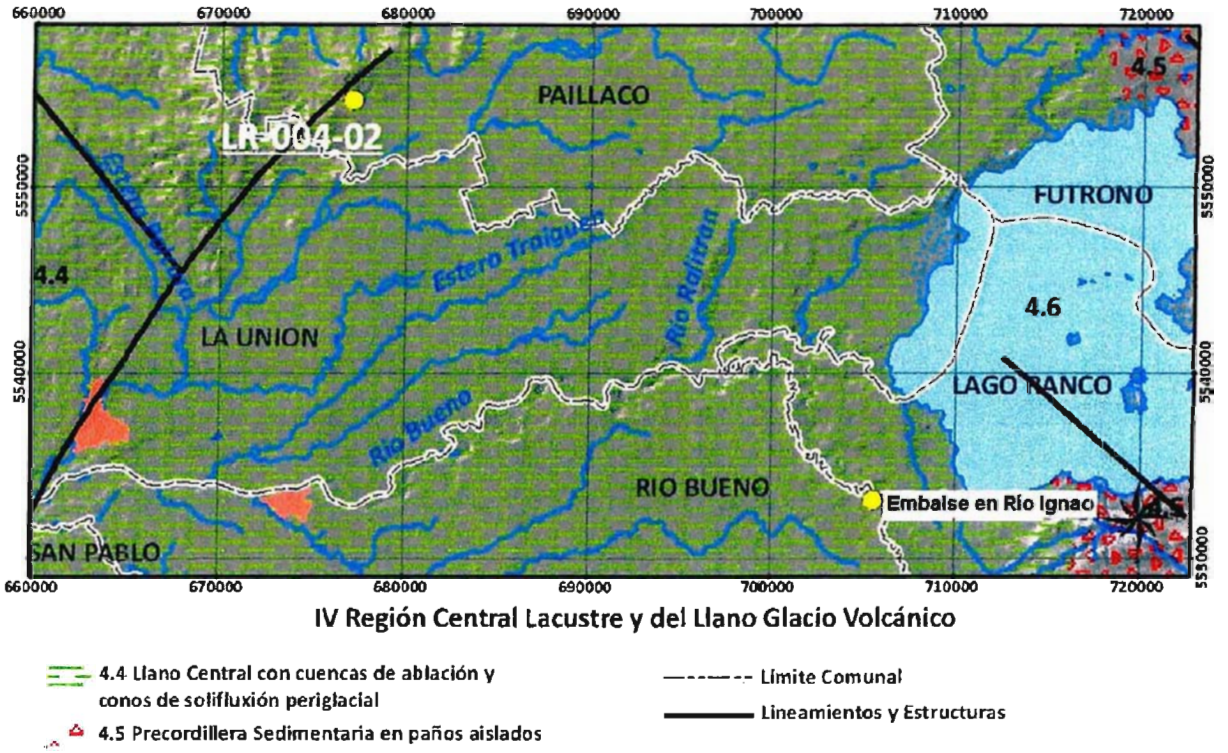
**Fuente:** Elaboración propia

## 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 solífluxiónPeriglacial. Predominio de extensas planicies y terrazas glaciofluviales desarrolladas entre cordones morrenicos de relieve suavizado.Lineamientos siguen patrón estructural regional N40-50W. En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

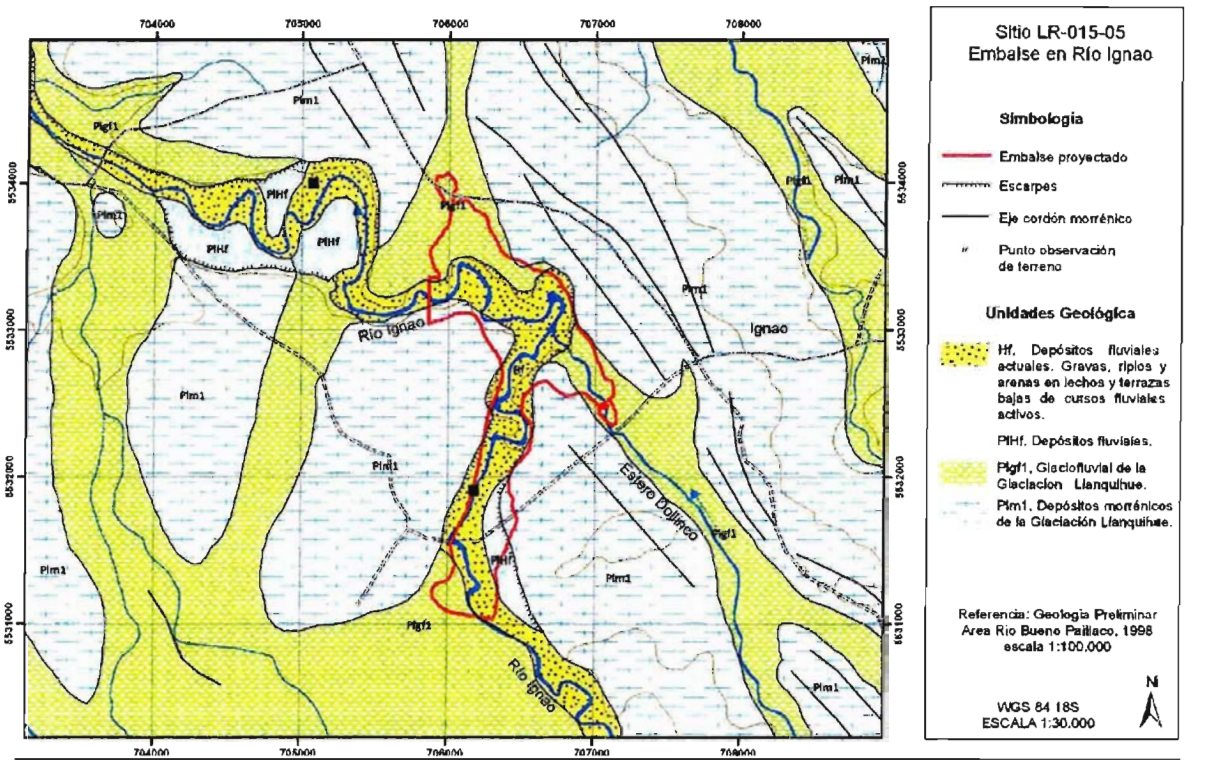



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en los depósitosfluviales (PlHf) del Pleistoceno superior- Holceno y glaciofluviales (Plgf1) de la glaciación Llanquihue (Pleistoceno). 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 llanuras que alcanzan amplia distribución. En ladera derecha se observa talud >20m degravas 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 orgánico y arcilloso 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

| | |
|---|---|
| Aguas abajo muro proyectado. Vista a gravas y bolones en llanura actual del río (Plhf). Piscicultura Ignao. Sector productivo consolidado. | |

## FIGURA 3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Camino interno por ladera derecha: talud de >20 mt de gravas con moderada selección subredondeadas a redondeadas con matriz de arena gruesa a media y limos oxidados (Plgf1). Niveles superiores con suelo orgánico y bolones dispersos con arenas pardo rojizas. Excavables mecánicamente. Deslizamientos menores en taludes subverticales. | |
| | |
| | |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Vista puente Ignao. Depósitos fluviales en llanura y cauce actual del río (PlHf): gravas, bolones y arenas no consolidadas. | |

**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 3LR, 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 25.000,0 ha, dentro de una envolvente de 181,9 ha..

**CUADRO 3.6.1-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO**

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 3.0 | 30.4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 7.0 | 69.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **10.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 7.3 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1,523.2 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 32.5 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 91.2 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 924.3 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 71.5 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **2,650.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 10.0 | 0.4 |
| Subtotal Secano | 2,650.0 | 93.2 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 181.9 | 6.4 |
| **TOTAL** | **2,841.9** | **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. Tal como se explicó en el Acápite 2.5, se analiza una situación en la que se considera la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie máxima de 25.000 ha.

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

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 210 ha con un embalse de tamaño 2,0 hm³.
- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 2,0; 3,0 y 4,1 hm³, los que permiten el riego de 1.090, 1.410 y 2.660 ha, respectivamente.

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

| Ítem | Con Restricción de Derechos | | Sin Restricción de Derechos 1 | | Sin Restricción de Derechos 2 | | Sin Restricción de Derechos 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 115,5 | 55,0 | 599,5 | 55,0 | 775,5 | 55,0 | 1.463,0 | 55,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 94,5 | 45,0 | 490,5 | 45,0 | 634,5 | 45,0 | 1.197,0 | 45,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **210,0** | **100,0** | **1.090,0** | **100,0** | **1.410,0** | **100,0** | **2.660,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 6,8 | 0,3 | 4,3 | 0,3 | 3,4 | 0,3 | 0,0 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1.408,2 | 57,5 | 902,4 | 57,5 | 718,5 | 57,5 | 0,0 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 30,1 | 1,2 | 19,3 | 1,2 | 15,3 | 1,2 | 0,0 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 84,3 | 3,4 | 54,0 | 3,4 | 43,0 | 3,4 | 0,0 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 854,5 | 34,9 | 547,6 | 34,9 | 436,0 | 34,9 | 0,0 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 66,1 | 2,7 | 42,4 | 2,7 | 33,7 | 2,7 | 0,0 | 2,7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **2.450,0** | **100,0** | **1.570,0** | **100,0** | **1.250,0** | **100,0** | **0,0** | **100,0** |
| Subtotal Riego | 210,0 | 7,4 | 1.090,0 | 38,4 | 1.410,0 | 49,6 | 2.660,0 | 93,6 |
| Subtotal Secano | 2.450,0 | 86,2 | 1.570,0 | 55,2 | 1.250,0 | 44,0 | 0,0 | 0,0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 181,9 | 6,4 | 181,9 | 6,4 | 181,9 | 6,4 | 181,9 | 6,4 |
| **TOTAL** | **2.841,9** | **100,0** | **2.841,9** | **100,0** | **2.841,9** | **100,0** | 2.841,9 | **100,0** |

**Fuente:** Ver Anexo C y D

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

### 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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1 OBRAS CIVILES

### 4.1.1 Embalse de Regulación

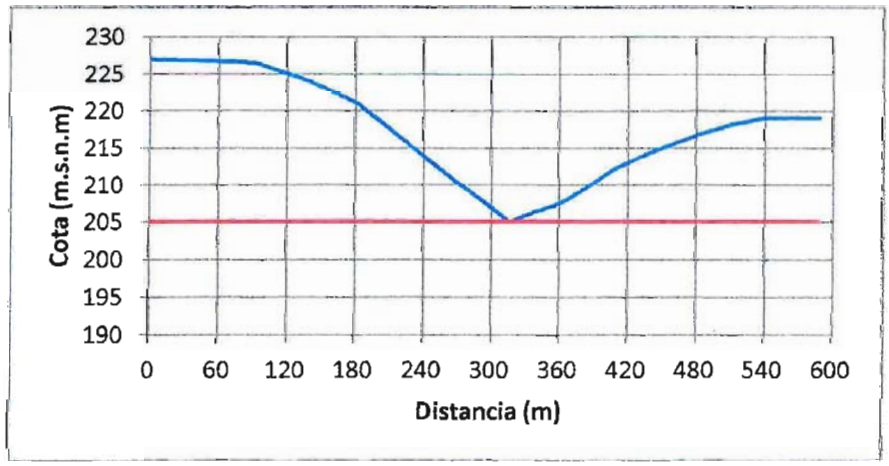
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 2,0; 3,0 y 4,1 $hm^3$.

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

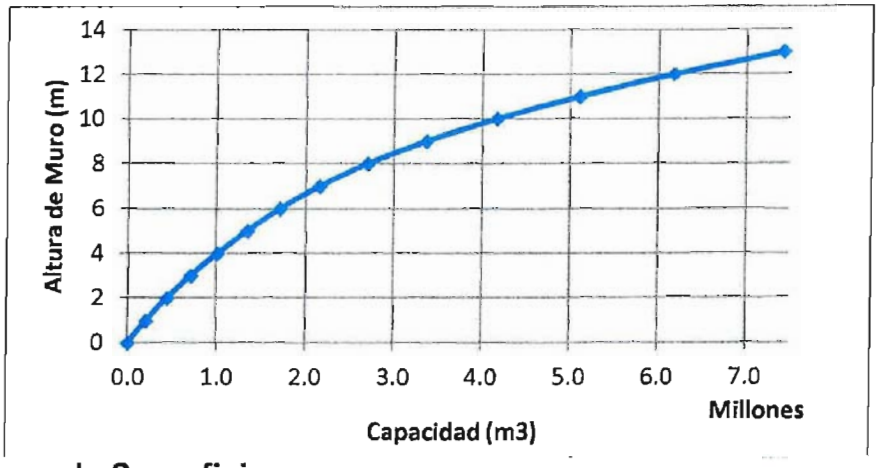
El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar

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

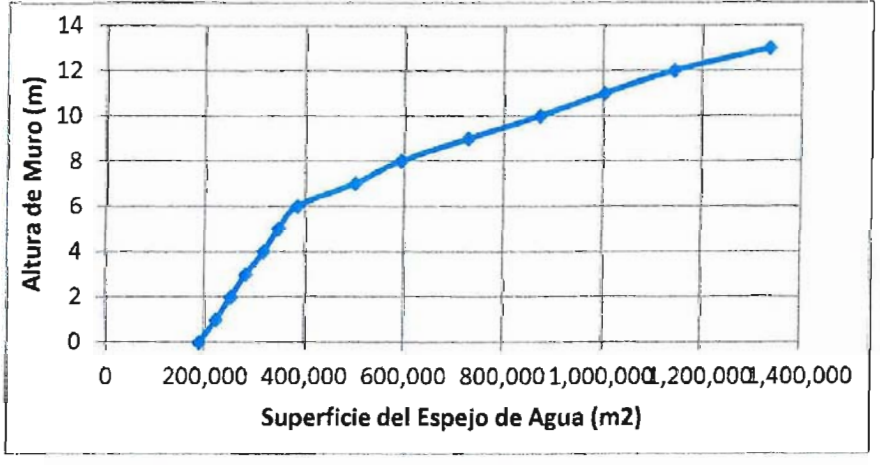
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

**FIGURA 4.1.1-2**
**CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE**

**a) Curva de Volumen**

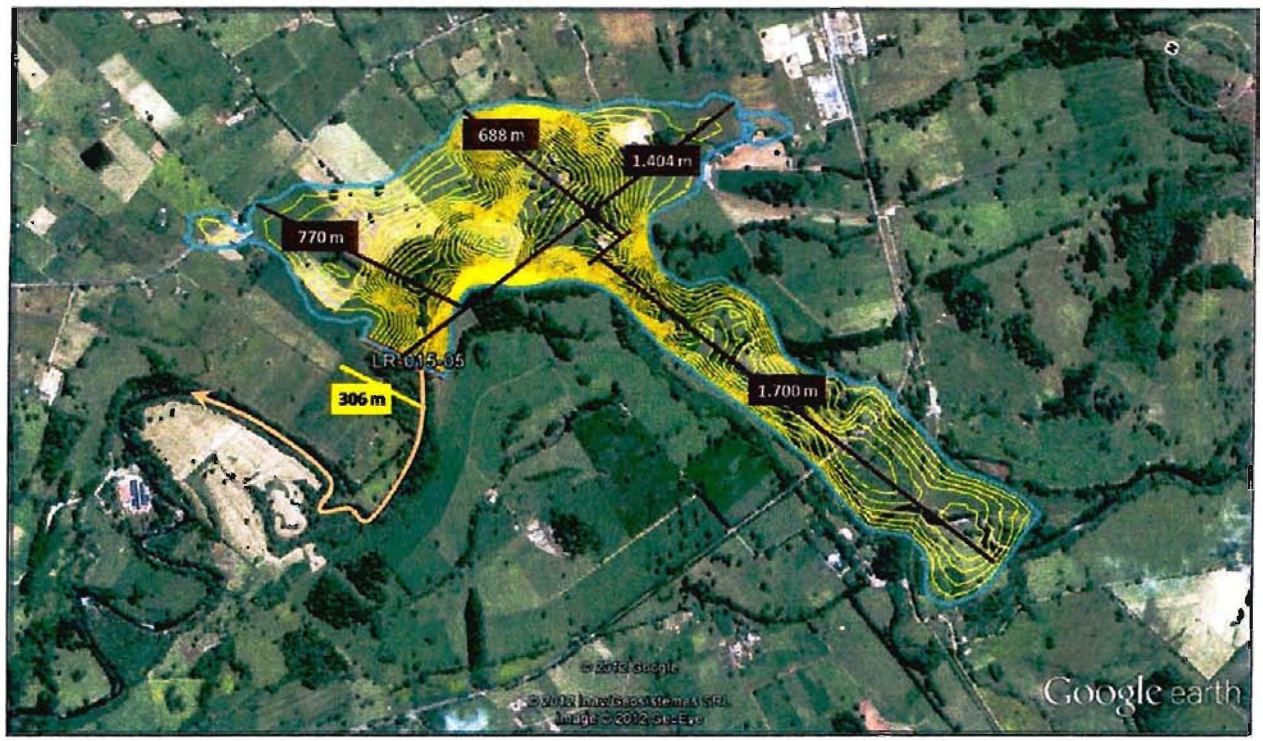



**b) Curva de Superficie**




**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 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.

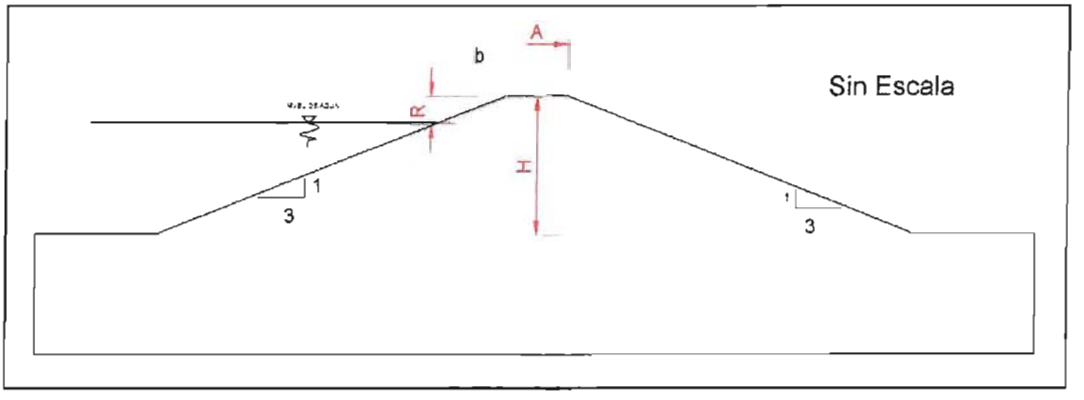
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2,0 | 6,8 | 8,0 | 214,0 | 5,0 | 3,0 | 2,5 |
| 3,0 | 8,6 | 10,0 | 217,2 | 5,0 | 3,0 | 2,5 |
| 4,1 | 10,0 | 11,5 | 217,5 | 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 |
|---|---|
| **2,0** | 1,524 |
| **4,1** | 1,288 |

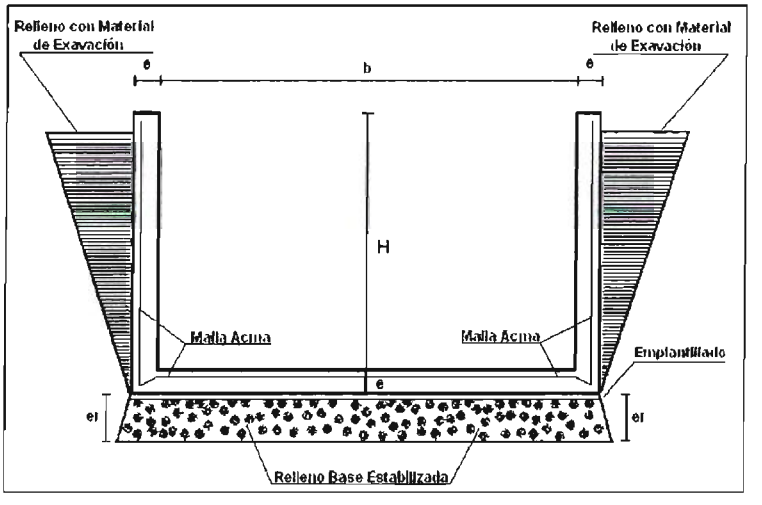
**Fuente:** Elaboración propia

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 un canal principal 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.

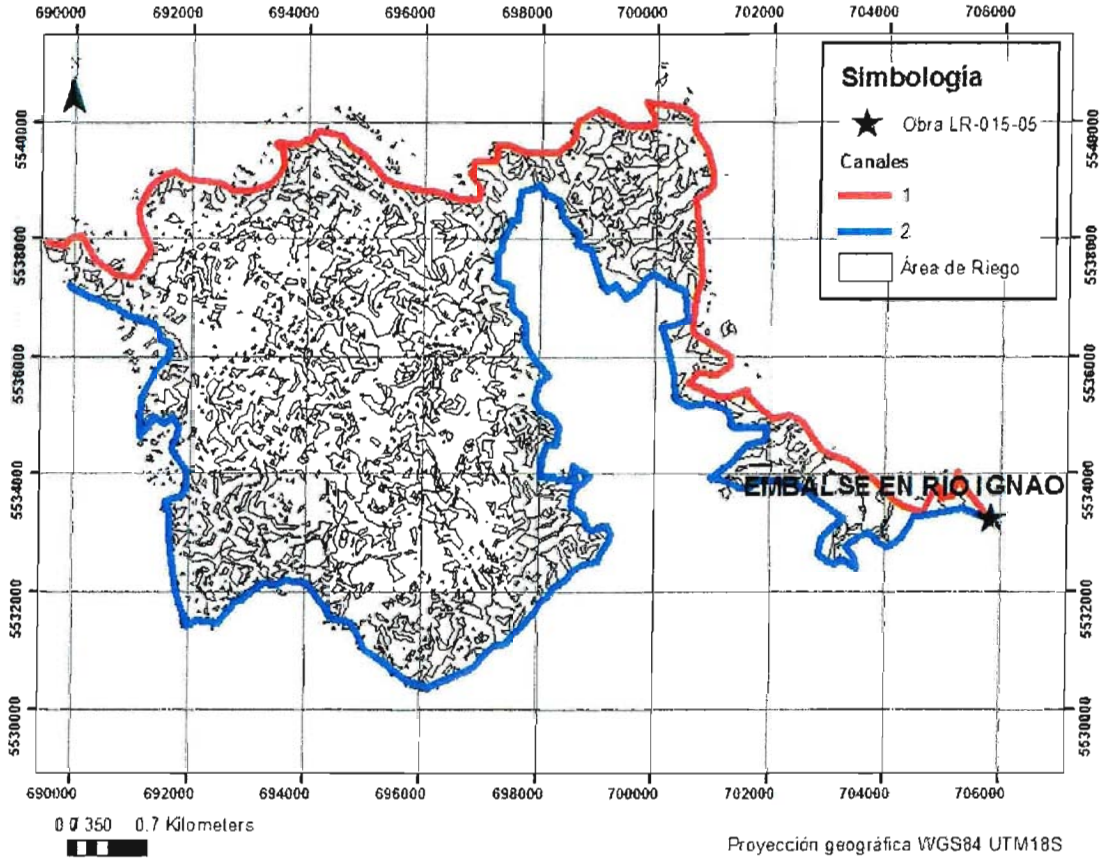
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| Alternativa | 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 | 2,0 | 250 | 8,2 | 11,6 | 0,13 | 0,5 | 0,5 | 15 | 15 |
| 2 | 2,0 | 1.090 | 23,7 | 23,6 | 0,55 | 0,7 | 0,7 | 15 | 15 |
| | 3,0 | 1.410 | 26,0 | 30,2 | 0,75 | 0,8 | 0,8 | 15 | 15 |
| | 4,1 | 2.670 | 29,7 | 44,1 | 1,35 | 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 2,1 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

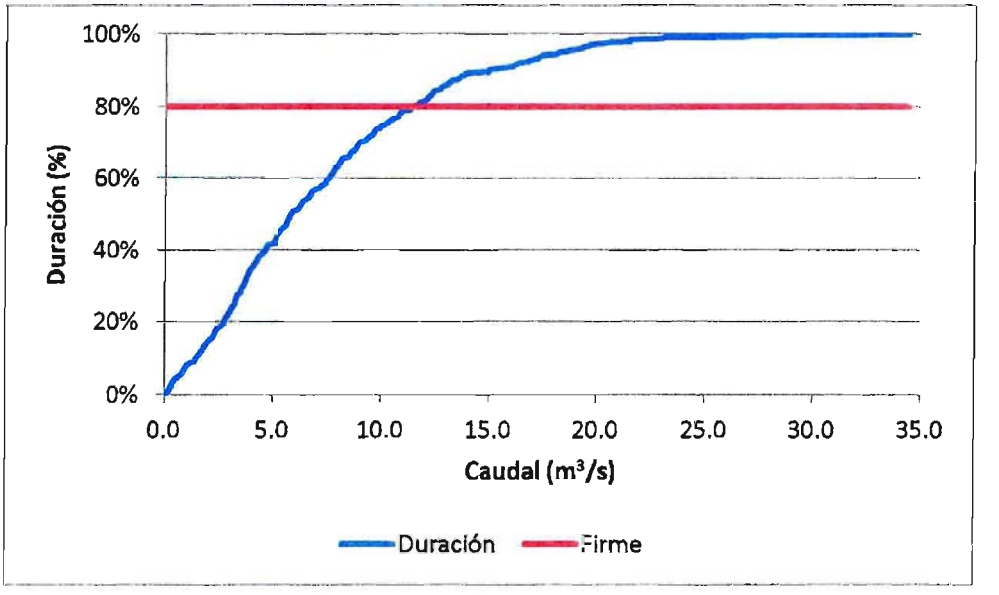
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T \, g \, Q \, H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | H Total Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 6,8 | 597 | 1.441,6 |
| 2 | 2,0 | 6,8 | 597 | 2.752,0 |
| | 3,0 | 8,6 | 759 | 3.251,9 |
| | 4,1 | 10,0 | 879 | 3.857,7 |

**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 = 2,0 hm³ / h= 8,0 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 7.957 | 1.500 | 1.320 | 11.935.500 | 10.503.240 |
| m³ | Excavaciones | 3.457 | 5.000 | 4.800 | 17.285.000 | 16.593.600 |
| m³ | Relleno de la presa | 18.377 | 4.000 | 3.840 | 73.508.000 | 70.567.680 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 1.650 | 50.000 | 48.000 | 82.500.000 | 79.200.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 3.960 | 3.500 | 3.430 | 13.860.000 | 13.582.800 |
| **Total Muro** | | | | | **199.088.500** | **190.447.320** |
| **Volumen = 3,0 hm³ / h=10,0 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 10.890 | 1.500 | 1.320 | 16.335.000 | 14.374.800 |
| m³ | Excavaciones | 4.825 | 5.000 | 4.800 | 24.125.000 | 23.160.000 |
| m³ | Relleno de la presa | 38.610 | 4.000 | 3.840 | 154.440.000 | 148.262.400 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 2.442 | 50.000 | 48.000 | 122.100.000 | 117.216.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 5.861 | 3.500 | 3.430 | 20.513.500 | 20.103.230 |
| **Total Muro** | | | | | **337.513.500** | **323.116.430** |
| **Volumen = 4,1 hm³ / h=11,5 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 13.090 | 1.500 | 1.320 | 19.635.000 | 17.278.800 |
| m³ | Excavaciones | 5.851 | 5.000 | 4.800 | 29.255.000 | 28.084.800 |
| m³ | Relleno de la presa | 53.784 | 4.000 | 3.840 | 215.136.000 | 206.530.560 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 3.036 | 50.000 | 48.000 | 151.800.000 | 145.728.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 7.287 | 3.500 | 3.430 | 25.504.500 | 24.994.410 |
| **Total Muro** | | | | | **441.330.500** | **422.616.570** |

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

| Alternativa 1: 2,0 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.780 | 12.594 | 11.335 | 22.417.320 | 20.175.588 |
| m³ | Hormigón H-30 | 4.901 | 99.523 | 94.547 | 487.712.462 | 463.326.838 |
| m² | Malla Acma C-295 | 32.670 | 7.877 | 7.719 | 257.341.590 | 252.194.758 |
| m² | Moldajes 3 usos | 15.180 | 8.834 | 7.951 | 134.100.120 | 120.690.108 |
| m² | Aplicación Antisol | 9.900 | 255 | 230 | 2.524.500 | 2.272.050 |
| m | Juntas de dilatación | 5.940 | 5.994 | 5.395 | 35.604.360 | 32.043.924 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **939.700.352** | **890.703.267** |

| Alternativa 2: 2,0 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 5.814 | 12.594 | 11.335 | 73.221.516 | 65.899.364 |
| m³ | Hormigón H-30 | 15.964 | 99.523 | 94.547 | 1.588.760.291 | 1.509.322.277 |
| m² | Malla Acma C-295 | 106.425 | 7.877 | 7.719 | 838.309.725 | 821.543.531 |
| m² | Moldajes 3 usos | 48.877 | 8.834 | 7.951 | 431.776.473 | 388.598.826 |
| m² | Aplicación Antisol | 33.110 | 255 | 230 | 8.443.050 | 7.598.745 |
| m | Juntas de dilatación | 19.866 | 5.994 | 5.395 | 119.076.804 | 107.169.124 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **3.059.587.860** | **2.900.131.866** |

| Alternativa 2: 3,0 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 7.835 | 12.594 | 11.335 | 98.673.990 | 88.806.591 |
| m³ | Hormigón H-30 | 21.497 | 99.523 | 94.547 | 2.139.396.170 | 2.032.426.361 |
| m² | Malla Acma C-295 | 143.310 | 7.877 | 7.719 | 1.128.852.870 | 1.106.275.813 |
| m² | Moldajes 3 usos | 65.567 | 8.834 | 7.951 | 579.215.933 | 521.294.340 |
| m² | Aplicación Antisol | 44.960 | 255 | 230 | 11.464.800 | 10.318.320 |
| m | Juntas de dilatación | 26.976 | 5.994 | 5.395 | 161.694.144 | 145.524.730 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | 4.119.297.907 | 3.904.646.154 |

| Alternativa 2: 4,1 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 12.724 | 12.594 | 11.335 | 160.246.056 | 144.221.450 |
| m³ | Hormigón H-30 | 34.871 | 99.523 | 94.547 | 3.470.416.772 | 3.296.895.933 |
| m² | Malla Acma C-295 | 232.470 | 7.877 | 7.719 | 1.831.166.190 | 1.794.542.866 |
| m² | Moldajes 3 usos | 105.780 | 8.834 | 7.951 | 934.460.520 | 841.014.468 |
| m² | Aplicación Antisol | 73.800 | 255 | 230 | 18.819.000 | 16.937.100 |
| m | Juntas de dilatación | 44.280 | 5.994 | 5.395 | 265.414.320 | 238.872.888 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | 6.680.522.858 | 6.332.484.706 |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 597,0 | 1.442.978.850 | 63.871 | 2.985.000 |
| 2 | 2,0 | 597,0 | 1.442.978.850 | 63.871 | 2.985.000 |
| | 3,0 | 759,0 | 1.834.540.950 | 81.202 | 3.795.000 |
| | 4,1 | 879,0 | 2.124.586.950 | 94.041 | 4.395.000 |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Superficie (ha) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 52,3 | 259.810.415,0 |
| 2 | 2,0 | 52,3 | 259.810.415,0 |
| | 3,0 | 68,7 | 341.594.215,0 |
| | 4,1 | 84,8 | 421.570.639,0 |

**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 = 2,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| Ítem | Mercado ($) | Social ($) |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 199.088.500 | 190.447.320 |
| Obra de Desvío | 19.908.850 | 19.044.732 |
| Obra de Toma | 9.954.425 | 9.522.366 |
| Vertedero | 69.680.975 | 66.656.562 |
| Sistema de Distribución | 939.700.352 | 890.703.267 |
| Caminos de Acceso | 19.908.850 | 19.044.732 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **1.268.241.952** | **1.205.418.979** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%) | **760.945.171** | **723.251.387** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 1.442.978.850 | 1.442.978.850 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **1.442.978.850** | **1.442.978.850** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%) | **505.042.598** | **505.042.598** |
| EXPROPIACIONES | **259.810.415** | **259.810.415** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($) | **4.237.018.985** | **4.136.502.228** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | **187.552** | **183.102** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$) | **8.764.856** | **8.556.923** |

| Alternativa 2: Volumen = 2,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| Ítem | Mercado ($) | Social ($) |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 199.088.500 | 190.447.320 |
| Obra de Desvío | 19.908.850 | 19.044.732 |
| Obra de Toma | 9.954.425 | 9.522.366 |
| Vertedero | 69.680.975 | 66.656.562 |
| Sistema de Distribución | 3.059.587.860 | 2.900.131.866 |
| Caminos de Acceso | 19.908.850 | 19.044.732 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **3.388.129.460** | **3.214.847.578** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%) | **2.032.877.676** | **1.928.908.547** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 1.442.978.850 | 1.442.978.850 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **1.442.978.850** | **1.442.978.850** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%) | **505.042.598** | **505.042.598** |
| EXPROPIACIONES | **259.810.415** | **259.810.415** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($) | **4.237.018.985** | **4.136.502.228** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | **187.552** | **183.102** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$) | **8.764.856** | **8.556.923** |

| Alternativa 3: Volumen = 3,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| Ítem | Mercado ($) | Social ($) |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 337.513.500 | 323.116.430 |

## CUADRO 5.5-1
## RESUMEN DE COSTOS

| | | |
|---|---|---|
| Obra de Desvío | 33.751.350 | 32.311.643 |
| Obra de Toma | 16.875.675 | 16.155.822 |
| Vertedero | 118.129.725 | 113.090.751 |
| Sistema de Distribución | 4.119.297.907 | 3.904.646.154 |
| Caminos de Acceso | 33.751.350 | 32.311.643 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **4.669.319.507** | **4.431.632.442** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **2.801.591.704** | **2.658.979.465** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 1.834.540.950 | 1.834.540.950 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.834.540.950** | **1.834.540.950** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **642.089.333** | **642.089.333** |
| **EXPROPIACIONES** | **341.594.215** | **341.594.215** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **10.289.135.708** | **9.908.836.405** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **455.449** | **438.615** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **21.284.491** | **20.497.789** |

**Alternativa 2: Volumen = 4,1 $hm^3$**

| Ítem | Mercado ($) | Social ($) |
|---|---|---|
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 441.330.500 | 422.616.570 |
| Obra de Desvío | 44.133.050 | 42.261.657 |
| Obra de Toma | 22.066.525 | 21.130.829 |
| Vertedero | 154.465.675 | 147.915.800 |
| Sistema de Distribución | 6.680.522.858 | 6.332.484.706 |
| Caminos de Acceso | 44.133.050 | 42.261.657 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **7.396.651.658** | **7.018.671.218** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **4.437.990.995** | **4.211.202.731** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 2.124.586.950 | 2.124.586.950 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.124.586.950** | **2.124.586.950** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **743.605.433** | **743.605.433** |
| **EXPROPIACIONES** | **421.570.639** | **421.570.639** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **15.124.405.674** | **14.519.636.970** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **669.482** | **642.712** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **31.286.911** | **30.035.864** |

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 | 123.287.557 | 123.287.557 | 0 | 123.287.557 | 0 | 123.287.557 | 0 | 123.287.557 | 0 |
| 1 | 125.865.641 | -385.738.994 | -511.604.635 | -1.328.775.714 | -1.454.641.355 | -1.221.347.062 | -1.347.212.703 | -2.091.772.133 | -2.217.637.774 |
| 2 | 125.865.641 | -447.051.323 | -572.916.964 | -1.708.740.533 | -1.834.606.174 | -1.642.057.787 | -1.767.923.428 | -2.886.856.187 | -3.012.721.828 |
| 3 | 125.865.641 | -589.169.088 | -715.034.730 | -2.849.189.779 | -2.975.055.421 | -2.620.057.840 | -2.745.923.481 | -4.735.566.955 | -4.861.432.597 |
| 4 | 125.865.641 | -370.904.109 | -496.769.750 | -2.134.808.783 | -2.260.674.425 | -1.124.664.470 | -1.250.530.111 | -1.909.831.513 | -2.035.697.154 |
| 5 | 125.865.641 | -380.323.005 | -506.188.646 | -2.083.951.080 | -2.209.816.721 | -826.504.823 | -952.370.464 | -1.291.277.550 | -1.417.143.191 |
| 6 | 89.423.678 | -377.000.312 | -466.423.991 | -295.177.155 | -384.600.834 | 485.853.988 | 396.430.310 | 1.384.660.551 | 1.295.236.872 |
| 7 | 105.586.353 | 251.417.109 | 145.830.757 | 1.099.570.319 | 993.983.967 | 2.159.266.936 | 2.053.680.584 | 4.146.610.506 | 4.041.024.153 |
| 8 | 104.249.727 | 418.244.948 | 313.995.220 | 1.987.681.662 | 1.883.431.934 | 3.309.663.189 | 3.205.413.462 | 6.321.557.191 | 6.217.307.463 |
| 9 | 107.518.593 | 531.680.028 | 424.161.434 | 2.573.703.897 | 2.466.185.304 | 4.067.535.300 | 3.960.016.707 | 7.750.717.875 | 7.643.199.282 |
| 10 | 112.028.816 | 645.922.632 | 533.893.817 | 3.153.593.517 | 3.041.564.702 | 4.816.751.107 | 4.704.722.291 | 9.161.364.101 | 9.049.335.286 |
| 11 | 118.096.365 | 712.471.970 | 594.375.605 | 3.476.125.737 | 3.358.029.372 | 5.232.368.012 | 5.114.271.647 | 9.940.593.055 | 9.822.496.690 |
| 12 | 119.972.190 | 714.768.015 | 594.795.825 | 3.478.421.782 | 3.358.449.592 | 5.234.664.057 | 5.114.691.866 | 9.942.889.100 | 9.822.916.909 |
| 13 | 123.287.557 | 718.689.824 | 595.402.267 | 3.482.343.592 | 3.359.056.034 | 5.238.585.866 | 5.115.298.308 | 9.946.810.909 | 9.823.523.352 |
| 14 | 125.865.641 | 456.876.350 | 331.010.708 | 2.079.893.224 | 1.954.027.583 | 3.421.358.446 | 3.295.492.805 | 6.509.360.631 | 6.383.494.989 |
| 15 | 125.865.641 | 150.949.434 | 25.083.793 | 457.332.599 | 331.466.958 | 1.320.021.927 | 1.194.156.285 | 2.537.805.773 | 2.411.940.132 |
| 16 | 125.865.641 | -379.443.676 | -505.309.317 | -2.355.741.155 | -2.481.606.797 | -2.323.117.516 | -2.448.983.157 | -4.347.777.767 | -4.473.643.408 |
| 17 | 121.686.198 | -136.791.714 | -258.477.912 | -1.046.642.416 | -1.168.328.614 | -626.219.949 | -747.906.147 | -1.136.041.028 | -1.257.727.225 |
| 18 | 124.846.035 | -70.284.277 | -195.130.312 | -707.525.546 | -832.371.581 | -187.972.376 | -312.818.411 | -310.564.146 | -435.410.181 |
| 19 | 92.526.191 | 60.675.740 | -31.850.450 | 141.468.629 | 48.942.439 | 922.125.129 | 829.598.939 | 1.819.468.243 | 1.726.942.052 |
| 20 | 105.613.507 | 251.442.214 | 145.828.707 | 1.099.586.407 | 993.972.900 | 2.159.279.745 | 2.053.666.238 | 4.146.610.506 | 4.040.996.999 |
| 21 | 104.608.935 | 419.240.601 | 314.631.666 | 1.988.319.692 | 1.883.710.757 | 3.310.171.176 | 3.205.562.240 | 6.321.557.191 | 6.216.948.255 |
| 22 | 108.511.046 | 533.480.102 | 424.969.057 | 2.574.857.415 | 2.466.346.369 | 4.068.453.705 | 3.959.942.660 | 7.750.717.875 | 7.642.206.829 |
| 23 | 112.746.539 | 646.805.157 | 534.058.618 | 3.154.159.053 | 3.041.412.514 | 4.817.201.374 | 4.704.454.836 | 9.161.364.101 | 9.048.617.563 |
| 24 | 118.096.365 | 712.471.970 | 594.375.605 | 3.476.125.737 | 3.358.029.372 | 5.232.368.012 | 5.114.271.647 | 9.940.593.055 | 9.822.496.690 |
| 25 | 119.972.190 | 714.768.015 | 594.795.825 | 3.478.421.782 | 3.358.449.592 | 5.234.664.057 | 5.114.691.866 | 9.942.889.100 | 9.822.916.909 |
| 26 | 123.287.557 | 718.689.824 | 595.402.267 | 3.482.343.592 | 3.359.056.034 | 5.238.585.866 | 5.115.298.308 | 9.946.810.909 | 9.823.523.352 |
| 27 | 125.865.641 | 456.876.350 | 331.010.708 | 2.079.893.224 | 1.954.027.583 | 3.421.358.446 | 3.295.492.805 | 6.509.360.631 | 6.383.494.989 |
| 28 | 121.686.198 | 146.202.896 | 24.516.698 | 454.290.940 | 332.604.742 | 1.317.600.224 | 1.195.914.026 | 2.537.805.773 | 2.416.119.575 |
| 29 | 124.846.035 | -381.268.855 | -506.114.890 | -2.356.910.760 | -2.481.756.795 | -2.324.048.730 | -2.448.894.765 | -4.347.777.767 | -4.472.623.802 |
| 30 | 124.788.710 | -133.923.353 | -258.712.064 | -1.044.804.324 | -1.169.593.034 | -624.756.500 | -749.545.210 | -1.136.041.028 | -1.260.829.738 |

**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 | 183.732.011 | 183.732.011 | 0 | 183.732.011 | 0 | 183.732.011 | 0 | 183.732.011 | 0 |
| 1 | 187.084.508 | -316.653.878 | -503.738.385 | -1.254.523.215 | -1.441.607.723 | -1.145.215.515 | -1.332.300.022 | -2.008.300.553 | -2.195.385.061 |
| 2 | 187.084.508 | -370.106.348 | -557.190.856 | -1.609.803.859 | -1.796.888.366 | -1.535.124.131 | -1.722.208.638 | -2.748.684.321 | -2.935.768.828 |
| 3 | 187.084.508 | -499.882.168 | -686.966.675 | -2.684.700.607 | -2.871.785.114 | -2.428.222.394 | -2.615.306.901 | -4.436.910.130 | -4.623.994.637 |
| 4 | 187.084.508 | -276.071.195 | -463.155.702 | -1.940.905.038 | -2.127.989.545 | -894.734.968 | -1.081.819.475 | -1.539.176.397 | -1.726.260.905 |
| 5 | 187.084.508 | -258.213.394 | -445.297.901 | -1.745.378.483 | -1.932.462.990 | -409.218.413 | -596.302.920 | -566.515.307 | -753.599.815 |
| 6 | 146.721.395 | -187.808.331 | -334.529.726 | 222.883.390 | 76.161.995 | 1.123.503.102 | 976.781.707 | 2.489.452.511 | 2.342.731.116 |
| 7 | 161.930.133 | 402.289.052 | 240.358.918 | 1.674.104.050 | 1.512.173.916 | 2.887.859.499 | 2.725.929.365 | 5.476.995.381 | 5.315.065.248 |
| 8 | 161.359.865 | 603.373.293 | 442.013.428 | 2.677.696.320 | 2.516.336.456 | 4.183.272.871 | 4.021.913.006 | 7.912.334.931 | 7.750.975.066 |
| 9 | 165.616.594 | 733.737.631 | 568.121.037 | 3.369.249.702 | 3.203.633.108 | 5.078.894.995 | 4.913.278.401 | 9.605.100.583 | 9.439.483.989 |
| 10 | 170.842.691 | 865.100.980 | 694.258.289 | 4.046.266.390 | 3.875.423.699 | 5.954.331.080 | 5.783.488.389 | 11.255.612.434 | 11.084.769.743 |
| 11 | 177.463.448 | 945.091.200 | 767.627.752 | 4.441.441.788 | 4.263.978.340 | 6.464.119.270 | 6.286.655.822 | 12.213.106.843 | 12.035.643.395 |
| 12 | 179.840.479 | 952.671.312 | 772.830.833 | 4.448.682.370 | 4.268.841.891 | 6.471.236.386 | 6.291.395.907 | 12.219.741.671 | 12.039.901.192 |
| 13 | 183.732.011 | 955.449.066 | 771.717.055 | 4.451.460.123 | 4.267.728.112 | 6.474.014.140 | 6.290.282.129 | 12.222.519.425 | 12.038.787.414 |
| 14 | 187.084.508 | 665.007.144 | 477.922.636 | 2.891.759.772 | 2.704.675.264 | 4.452.765.268 | 4.265.680.761 | 8.398.346.648 | 8.211.262.140 |
| 15 | 187.084.508 | 314.797.958 | 127.713.450 | 1.017.278.054 | 830.193.546 | 2.024.002.629 | 1.836.918.122 | 3.804.424.162 | 3.617.339.654 |
| 16 | 187.084.508 | -290.156.755 | -477.241.262 | -2.191.251.983 | -2.378.336.490 | -2.131.282.071 | -2.318.366.578 | -4.049.120.941 | -4.236.205.449 |
| 17 | 183.179.354 | -37.212.262 | -220.391.616 | -849.697.012 | -1.032.876.366 | -393.868.744 | -577.048.098 | -765.385.912 | -948.565.266 |
| 18 | 185.870.205 | 49.094.804 | -136.775.401 | -370.702.717 | -556.572.922 | 227.920.906 | 42.050.701 | 414.198.096 | 228.327.891 |
| 19 | 149.376.705 | 244.931.421 | 95.554.716 | 656.365.912 | 506.989.207 | 1.557.255.722 | 1.407.879.017 | 2.924.260.203 | 2.774.883.498 |
| 20 | 162.095.817 | 404.743.961 | 242.648.144 | 1.675.677.195 | 1.513.581.378 | 2.889.112.003 | 2.727.016.186 | 5.476.995.381 | 5.314.899.564 |
| 21 | 161.876.302 | 603.526.473 | 441.650.171 | 2.677.794.480 | 2.515.918.179 | 4.183.351.024 | 4.021.474.722 | 7.912.334.931 | 7.750.458.630 |
| 22 | 166.665.213 | 734.893.147 | 568.227.935 | 3.369.990.175 | 3.203.324.963 | 5.079.484.544 | 4.912.819.332 | 9.605.100.583 | 9.438.435.371 |
| 23 | 171.576.098 | 867.015.741 | 695.439.643 | 4.047.493.400 | 3.875.917.302 | 5.955.307.999 | 5.783.731.901 | 11.255.612.434 | 11.084.036.336 |
| 24 | 177.463.448 | 946.036.484 | 768.573.036 | 4.442.047.541 | 4.264.584.094 | 6.464.601.558 | 6.287.138.110 | 12.213.106.843 | 12.035.643.395 |
| 25 | 179.840.479 | 952.671.312 | 772.830.833 | 4.448.682.370 | 4.268.841.891 | 6.471.236.386 | 6.291.395.907 | 12.219.741.671 | 12.039.901.192 |
| 26 | 183.732.011 | 955.449.066 | 771.717.055 | 4.451.460.123 | 4.267.728.112 | 6.474.014.140 | 6.290.282.129 | 12.222.519.425 | 12.038.787.414 |
| 27 | 187.084.508 | 665.007.144 | 477.922.636 | 2.891.759.772 | 2.704.675.264 | 4.452.765.268 | 4.265.680.761 | 8.398.346.648 | 8.211.262.140 |
| 28 | 183.179.354 | 314.797.958 | 131.618.604 | 1.017.278.054 | 834.098.700 | 2.024.002.629 | 1.840.823.275 | 3.804.424.162 | 3.621.244.808 |
| 29 | 185.870.205 | -294.712.464 | -480.582.669 | -2.194.171.356 | -2.380.041.561 | -2.133.606.412 | -2.319.476.617 | -4.049.120.941 | -4.234.991.146 |
| 30 | 185.834.664 | -39.280.203 | -225.114.867 | -851.022.182 | -1.036.856.846 | -394.923.816 | -580.758.479 | -765.385.912 | -951.220.576 |

**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 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 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 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

### 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Privado | Social | Privado | Social |
| 1 | 2,0 | 525.666.560 | 503.545.139 | 1.503.520.562 | 1.425.125.227 |
| 2 | 2,0 | 525.666.560 | 503.545.139 | 4.895.340.575 | 4.640.210.986 |
| | 3,0 | 880.034.560 | 843.178.061 | 6.590.876.651 | 6.247.433.847 |
| | 4,1 | 1.145.806.080 | 1.097.898.419 | 10.688.836.572 | 10.131.975.529 |

**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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,0 | 597 | 1.948.021.448 |
| 2 | 2,0 | 597 | 1.948.021.448 |
| | 3,0 | 759 | 2.476.630.283 |
| | 4,1 | 879 | 2.868.192.383 |

**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 tampoco es rentable a precios privados. Es interesante observar que en este caso los indicadores son menores a los anteriores, dado la baja generación del embalse.Por último, para el caso en el que se considera la restricción de derechos de agua, el embalse no es rentable en ningún caso. La evaluación se presenta en el Anexo E.

**CUADRO 6.5-1**
**RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Sin Hidrogeneración | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alt. | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 2,0 | -3.665,3 | -1,81 | - | -1.634,3 | -0,85 | 2,7% |
| 2 | 2,0 | -7.322,2 | -1,35 | 4,8% | 4.673,3 | 0,91 | 8,5% |
| | 3,0 | -2.615,1 | -0,35 | 10,0% | 17.634,9 | 2,49 | 13,3% |
| | 4,1 | -64,2 | -0,01 | 12,0% | 39.164,4 | 3,49 | 15,3% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | | |
| Alt. | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 2,0 | -520,2 | -0,13 | 10,9% | 5.158,2 | 1,33 | 12,5% |
| 2 | 2,0 | -8.415,9 | -1,14 | 4,7% | 4.222,6 | 0,60 | 8,0% |
| | 3,0 | -4.087,6 | -0,41 | 9,3% | 16.921,6 | 1,77 | 12,2% |
| | 4,1 | -1.744,7 | -0,12 | 11,3% | 38.380,7 | 2,72 | 14,4% |

**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 4,1hm³, 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 2.660 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 IGNAO
## 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 3LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 30,4 | 55,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 69,5 | 45,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,0 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 57,5 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1,2 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 3,4 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 34,9 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 2,7 | 2,7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45,0 | 27,0 | 25,0 | 36,0 | 54,0 | 75,0 | 94,0 | 121,0 | 141,0 | 131,0 | 107,0 | 77,0 | 933,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,2 | 41,3 | 75,2 | 127,1 | 148,1 | 102,2 | 53,5 | 0,0 | 563,6 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 42,8 | 25,7 | 23,8 | 34,2 | 51,3 | 71,3 | 89,3 | 115,0 | 134,0 | 124,5 | 101,7 | 73,2 | 886,8 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 39,5 | 121,0 | 157,9 | 128,4 | 79,2 | 0,0 | 554,5 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109,0 | 131,0 | 122,0 | 134,0 | 120,0 | 105,0 | 93,0 | 87,0 | 66,0 | 54,0 | 67,0 | 99,0 | 1.187,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 40,1 | 82,1 | 48,2 | 0,0 | 0,0 | 170,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,0 | 68,0 | 70,5 | 34,7 | 0,0 | 201,2 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,0 | 91,9 | 74,4 | 12,2 | 0,0 | 212,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 446,0 | 912,0 | 536,0 | 0,0 | 0,0 | 1.894,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 373,0 | 907,0 | 940,0 | 463,0 | 0,0 | 2.683,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 756,0 | 2.042,0 | 1.653,0 | 271,0 | 0,0 | 4.722,0 |

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

**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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 IGNAO
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:

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

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

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

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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

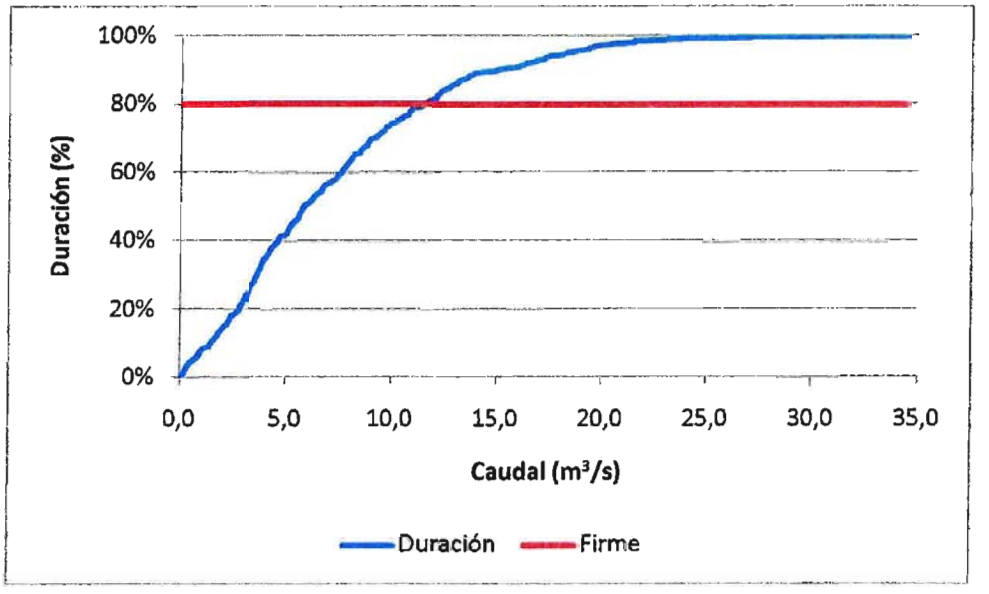
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 IGNAO
# 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.

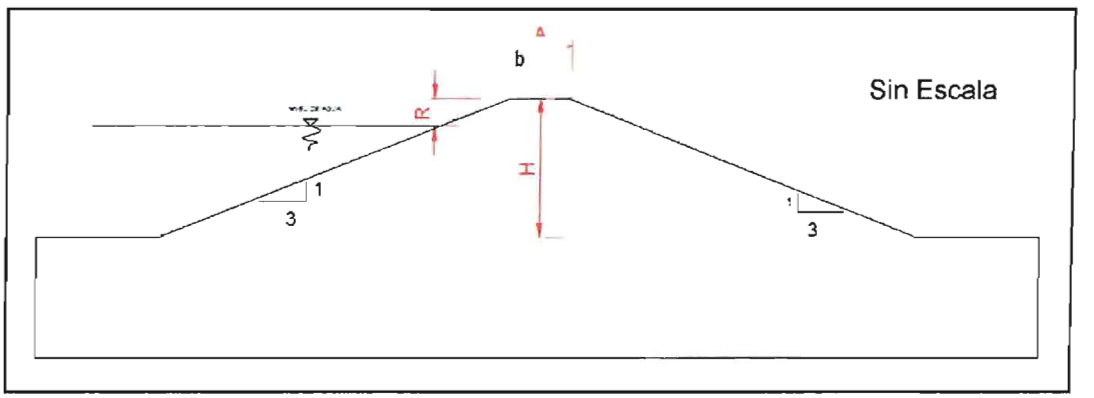
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2,0 | 6,8 | 8,0 | 214,0 | 5,0 | 3,0 | 2,5 |
| 4,1 | 10,0 | 11,5 | 217,5 | 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.

**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-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| 4,1 | SC-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

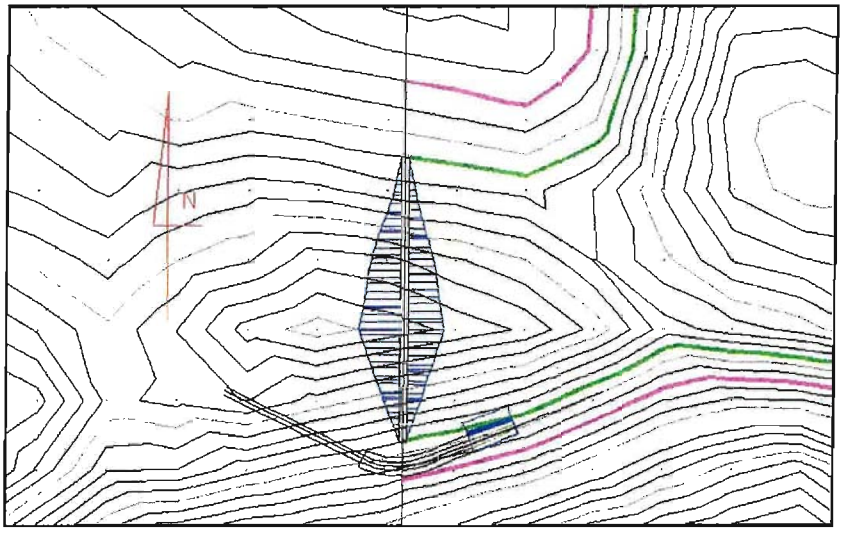
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **2,0** | 1,524 |
| **4,1** | 1,288 |

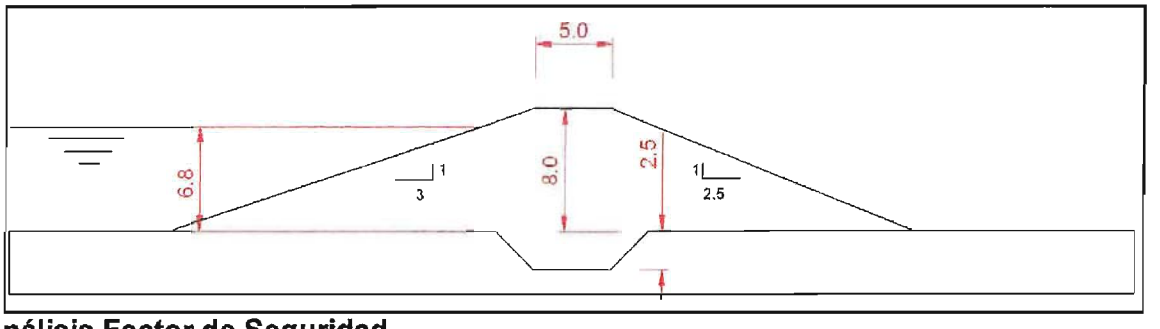
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 2,0 hm$^3$**

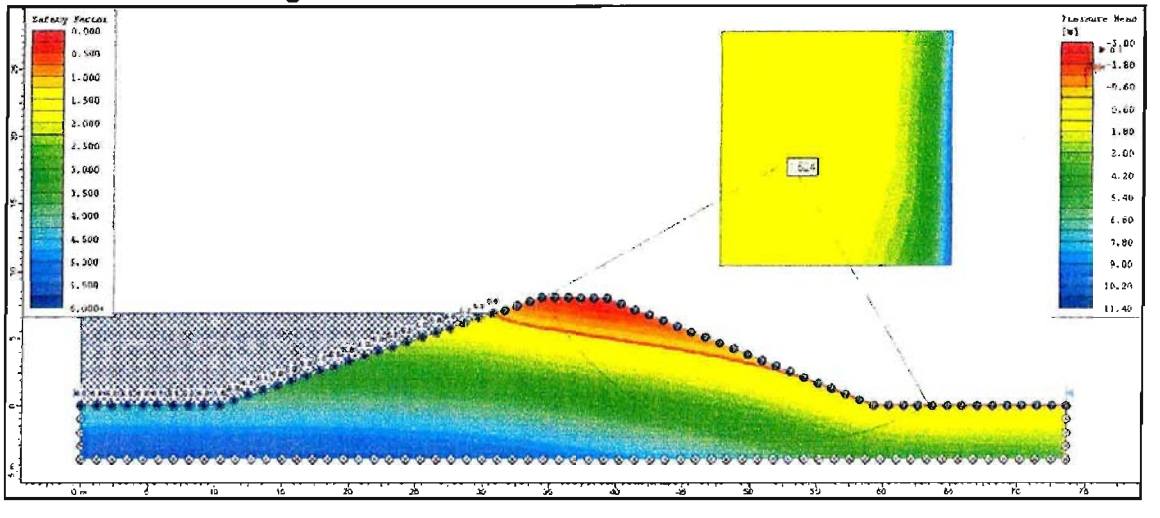
**Vista en Planta**




**Perfil de Presa**



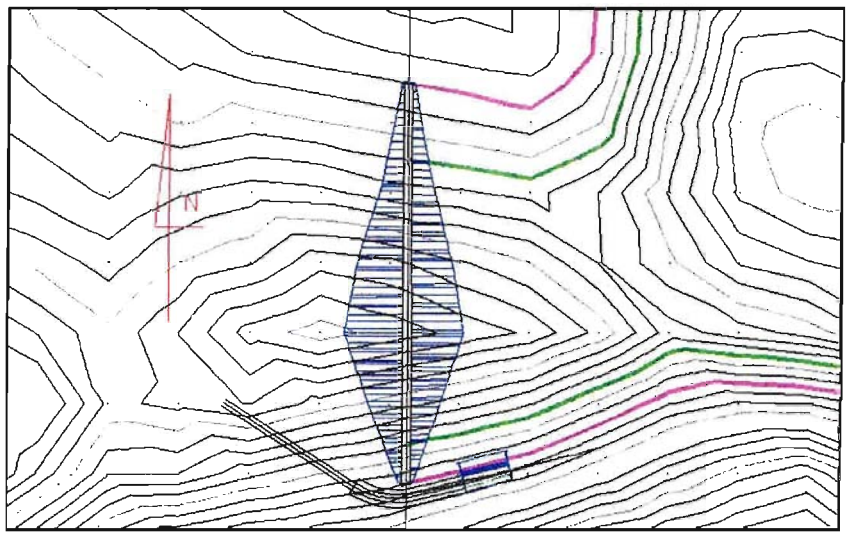

**Análisis Factor de Seguridad**



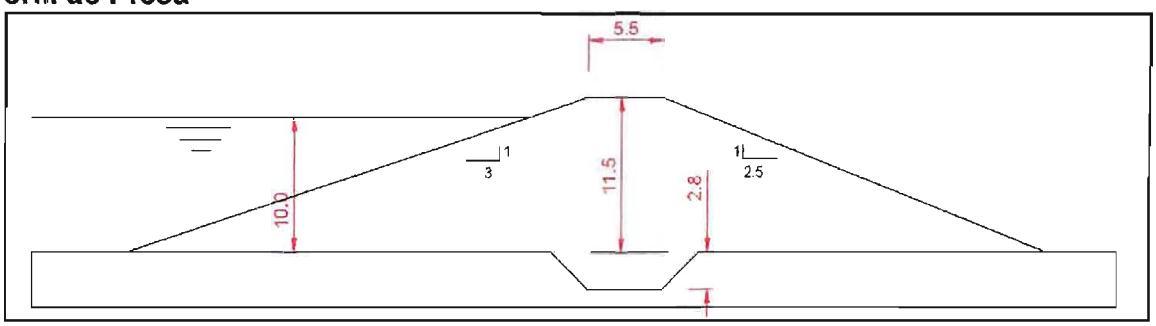
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 4,1hm$^3$**

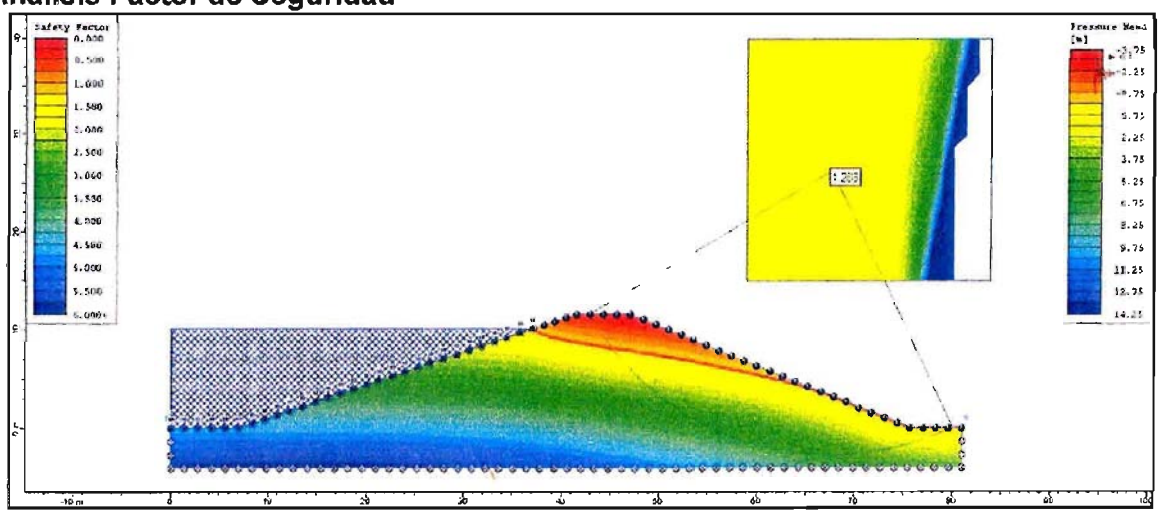
**Vista en Planta**




**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #6:

# EMBALSE EN RÍO CHIRRE

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO CHIRRE (LR-025-01)"

**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. | 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 | 12 |
| 3.6. | ANTECEDENTES AGROECONÓMICOS | 12 |
| 3.6.1. | Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto | 12 |
| 3.6.2. | Situación Futura o Con Proyecto | 13 |
| 3.6.3. | Demandas de Agua | 15 |
| 3.7. | BALANCE HÍDRICO | 15 |
| **4.** | **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO** | **17** |
| 4.1. | OBRAS CIVILES | 17 |
| 4.1.1. | Embalse de Regulación | 17 |
| 4.1.2. | Sistema de Distribución | 21 |
| 4.2. | MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA | 22 |
| **5.** | **PRESUPUESTO DE LAS OBRAS** | **24** |
| 5.1. | EMBALSE DE REGULACIÓN | 24 |
| 5.2. | SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN | 25 |
| 5.3. | MINI CENTRAL HIDROELÉCTRICA | 25 |
| 5.4. | EXPROPIACIONES | 26 |
| 5.5. | RESUMEN DE COSTOS | 26 |
| **6.** | **EVALUACIÓN ECONÓMICA** | **28** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 28 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 29 |
| 6.3. | BENEFICIOS | 29 |
| 6.3.1. | Beneficios Agroeconómicos | 29 |
| 6.3.2. | Beneficios Hidroeléctricos | 37 |
| 6.4. | COSTOS | 37 |
| 6.4.1. | Costos Agroeconómicos | 37 |
| 6.4.2. | Costos Obras Civiles | 39 |
| 6.4.3. | Costo MCH | 39 |
| 6.4.4. | Costos Ambientales | 39 |
| 6.5. | RESULTADOS | 39 |

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 40

| 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 Chirre**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Chirre comuna de Río Blanco, 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 Chirre 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 Chirre.

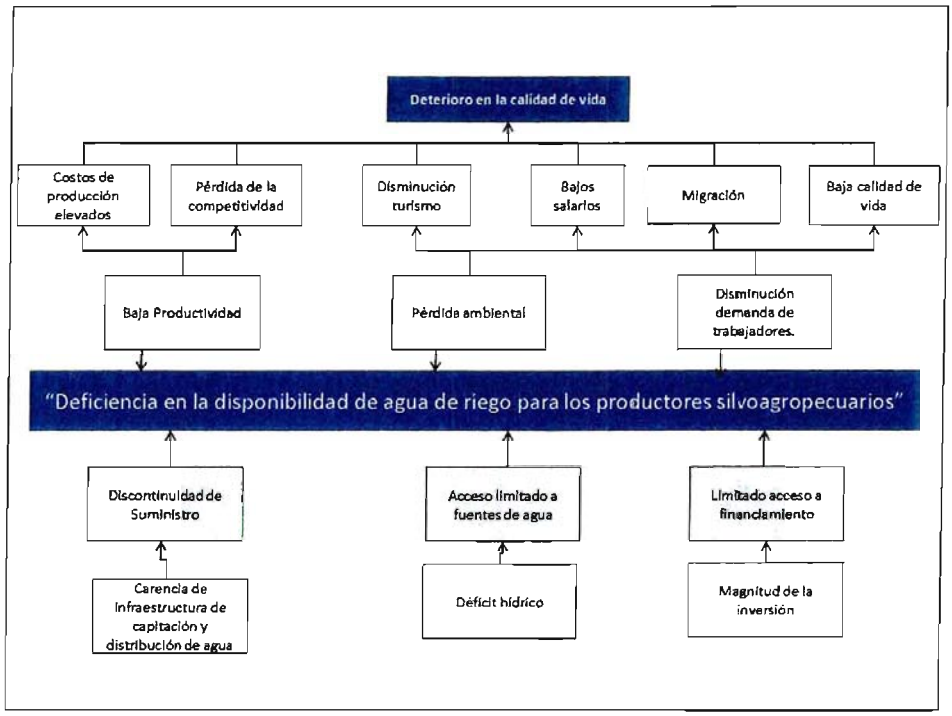
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Chirre, existen 15.700 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 3.600 ha potenciales de frutales y 11.000 ha potenciales de praderas. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

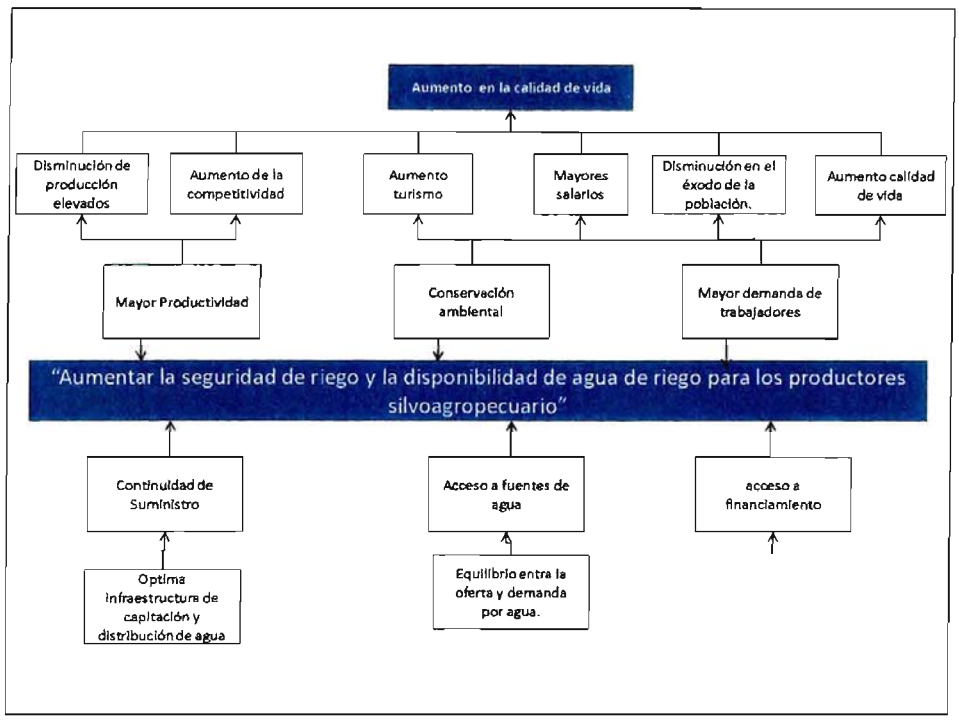



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

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 Ranco, Región de Los Ríos, Chile central (5.508.050N, 695.400E)la queocupa una superficie de 7.236 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).

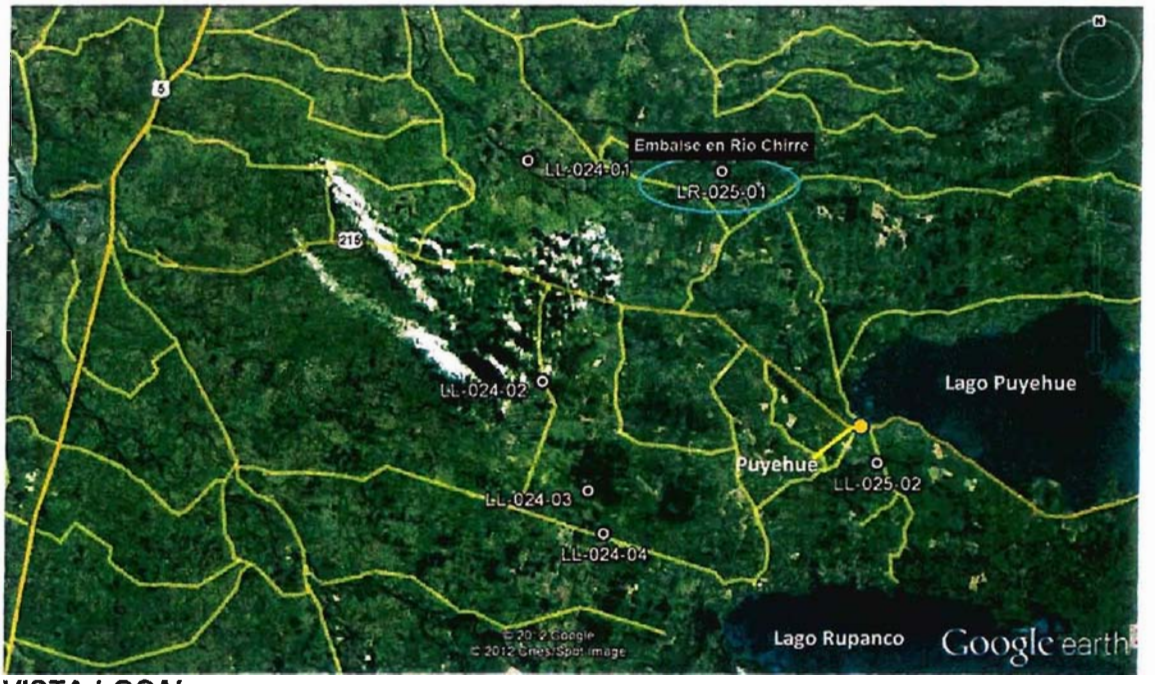
En la provincia del Ranco se presenta un clima similar al de la provincia de Valdivia, destacándose el Agroclima de La Unión, en la zona de llano central, que posee un régimen térmico que se caracteriza por una temperatura media anual de 11,6°C, con una máxima media en enero de 23,7°C, que corresponde al mes más cálido. La temperatura media mensual se mantiene sobre 7°C. El régimen hídrico se destaca por una precipitación anual de 1.267 mm, con 222 mm en el mes más lluvioso, correspondiente a junio. En esta zona, se presenta una estación seca de un mes en febrero (INIA, 1998).

En la provincia de Ranco la precipitación anual supera los 1100 mm en la mayor parte de las localidades, registrándose en la comuna de río Bueno 1191 mm y en la de Futrono 1554 mm anuales. Las máximas precipitaciones anuales se registran en Lago Rupanco con 1947 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

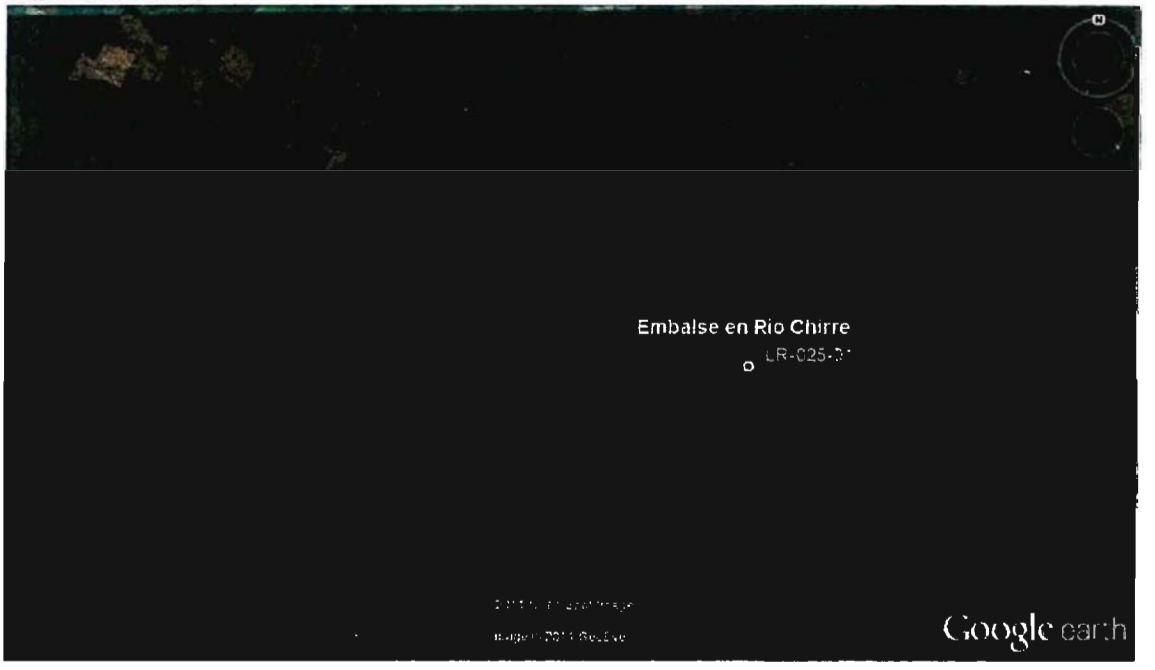
La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra correspondiendo principalmente a la localidad de Ponhuipa, Carimallin, Galpones. Corresponde a terrenos planos actualmente la mayoría de ellos con empastadas y utilizados para la actividad ganadera (Figura 3.1-1).

## FIGURA 3.1-1
## UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

**VISTA GENERAL**




**VISTA LOCAL**




**Fuente:** Elaboración propia a partir Google Earth

## 3.2. 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 15.700 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 Bueno y está compuesta por un total de 32.627 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Río Bueno** | 32.627 | 50% | 50% |

**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 46% de la población vive en la ciudad y el 54% 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 Río Bueno, considerando indigentes y no indigentes es de un 19,72 %, 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 | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86 | 23,14 | 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 Río Bueno | Región | País |
| Pobre Indigente | 3.17 | 4.44 | 1.31 | 4,14 | 6,11 | 3,74 |
| Pobre no Indigente | 8.58 | 3.42 | 4.93 | 15,59 | 14,33 | 11,38 |
| No Pobre | 20.11 | 23.58 | 25.37 | 80,28 | 79,56 | 84,88 |
| Total | 31.86 | 31.43 | 31.61 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

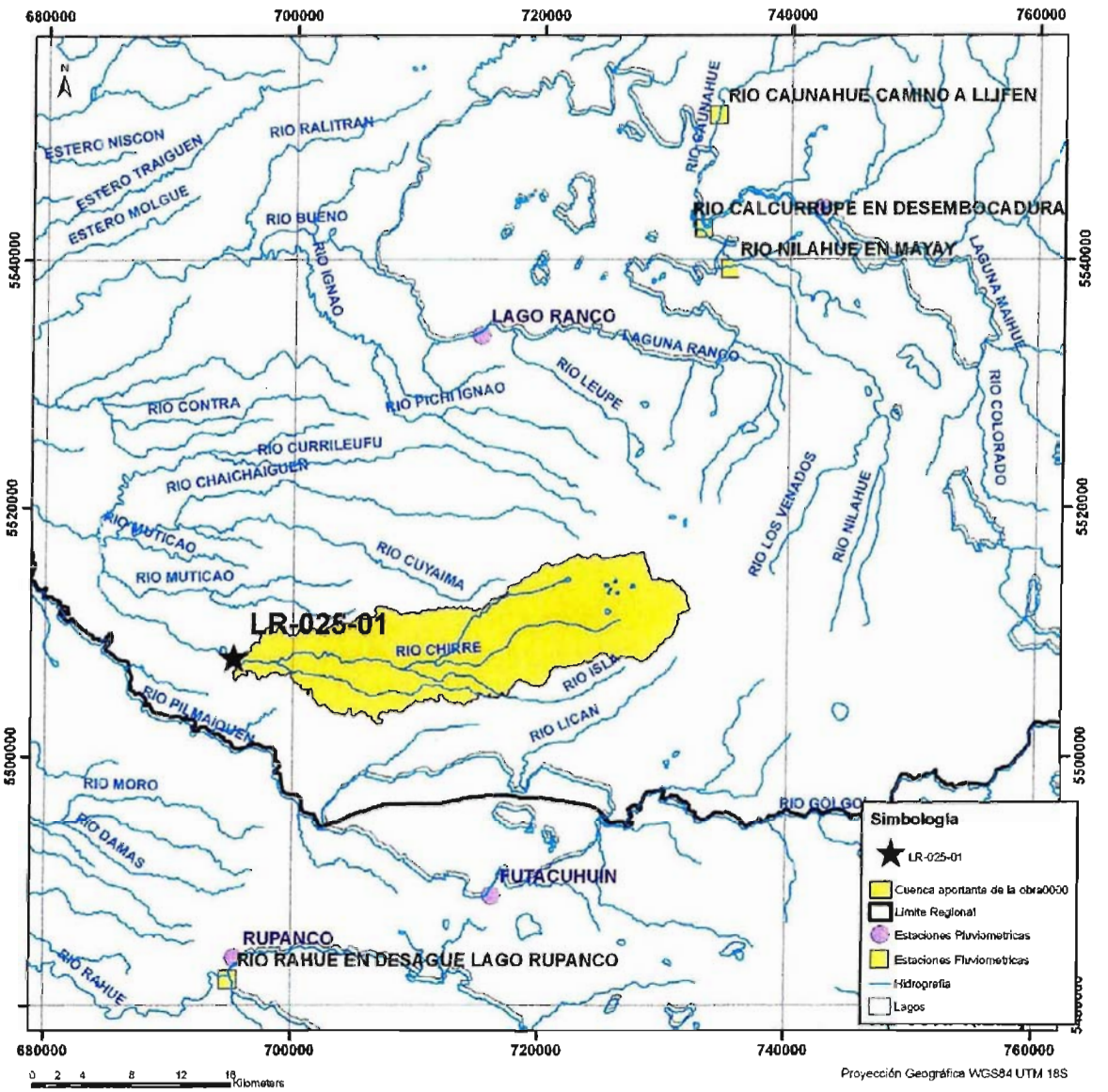
La cuenca es nivo-pluvial con una precipitación media de 2.760 mm y un caudal medio de 19,8 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Ranco. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca. Por otra parte, la estación fluviométrica cercana Río Chirre antes Junta Río Pilmaiquén no es representativa del tipo de régimen, lo que hace imposible usar trasposición de caudales.

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 A.

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

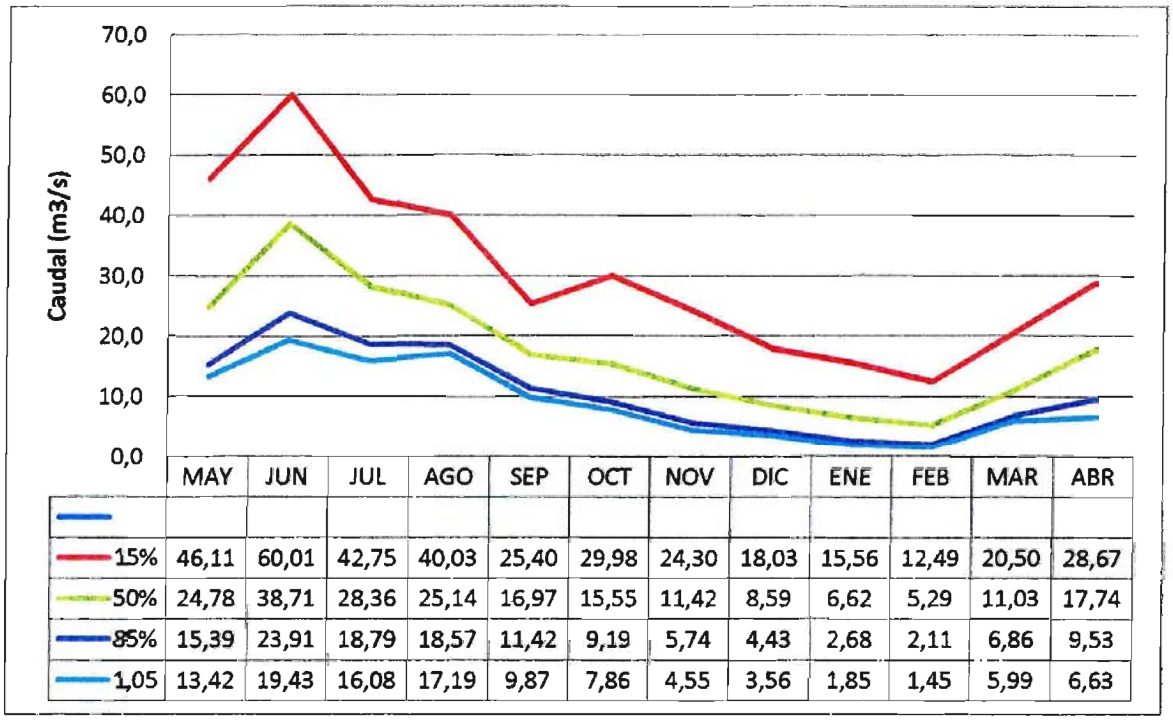
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO CHIRRE**




| | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB | MAR | ABR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15% | 46,11 | 60,01 | 42,75 | 40,03 | 25,40 | 29,98 | 24,30 | 18,03 | 15,56 | 12,49 | 20,50 | 28,67 |
| 50% | 24,78 | 38,71 | 28,36 | 25,14 | 16,97 | 15,55 | 11,42 | 8,59 | 6,62 | 5,29 | 11,03 | 17,74 |
| 85% | 15,39 | 23,91 | 18,79 | 18,57 | 11,42 | 9,19 | 5,74 | 4,43 | 2,68 | 2,11 | 6,86 | 9,53 |
| 1,05 | 13,42 | 19,43 | 16,08 | 17,19 | 9,87 | 7,86 | 4,55 | 3,56 | 1,85 | 1,45 | 5,99 | 6,63 |

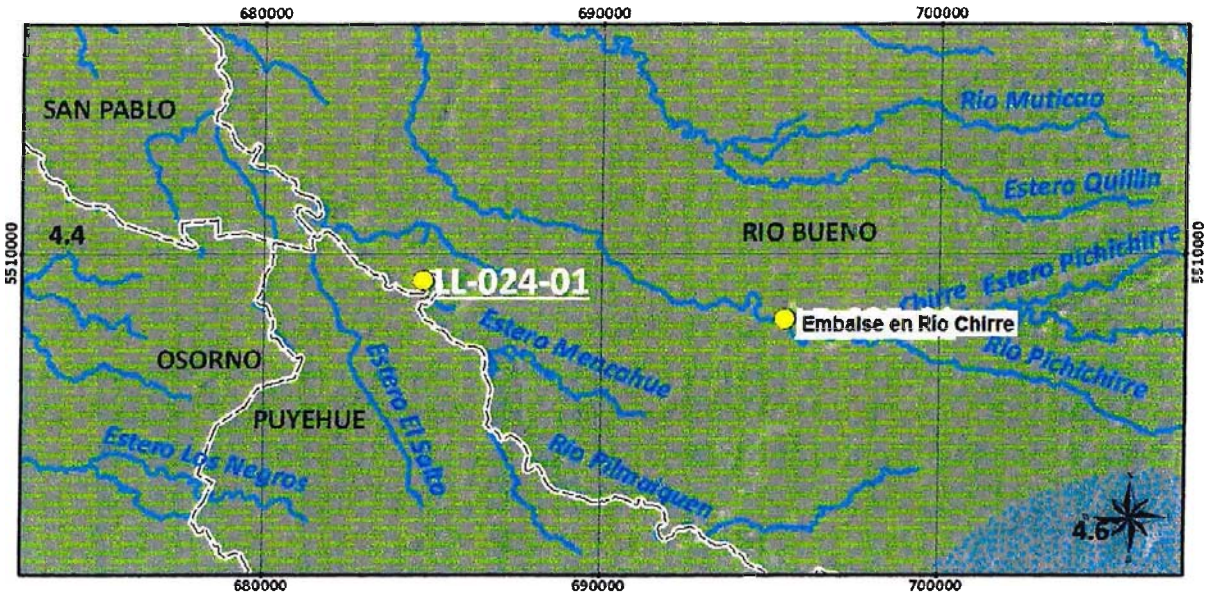
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### 3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Se emplaza en la Unidad 4.4 del Llano Central con morrenas y conos periglaciales. Predominio de lomajes suaves y sectores aterrazados próximos a los esteros actuales. El sitio del embalse corresponde aun diseño de erosión fluvial en V con laderas muy escarpadas y con presencia de bosque nativo.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

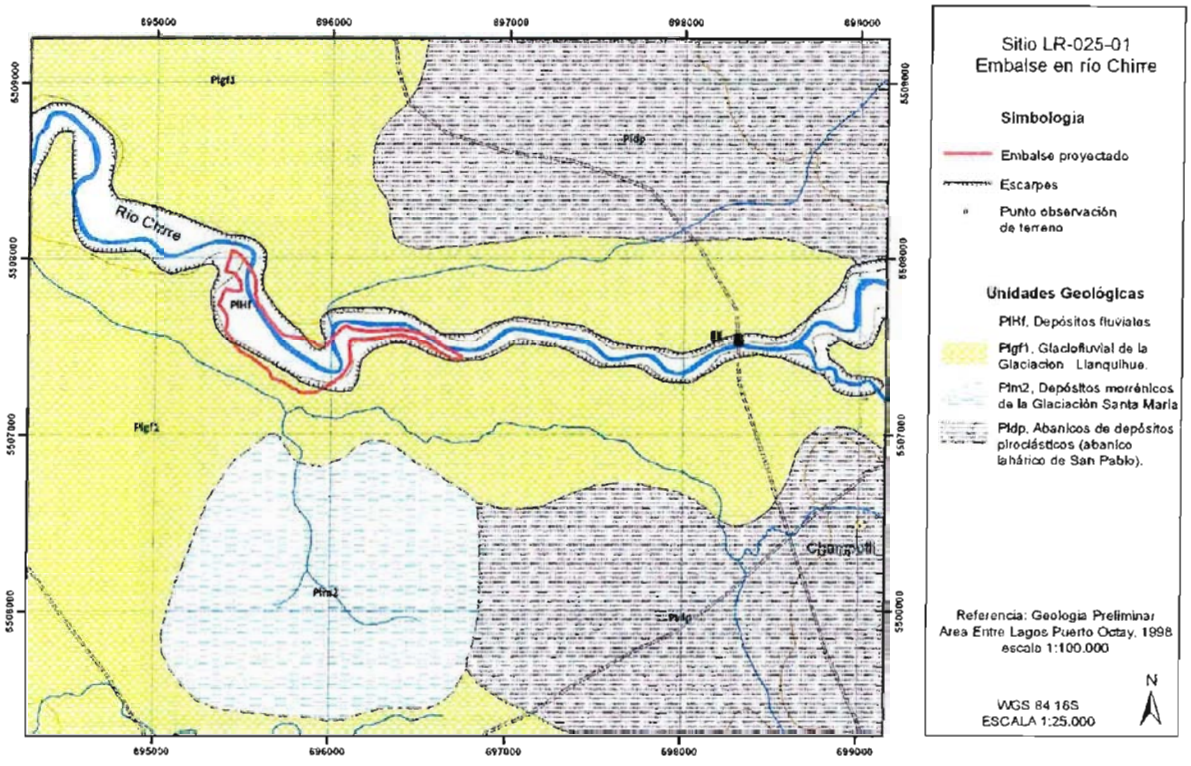



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en depósitos fluviales (PlHf). Consistentes en gravas, de moderada a bien seleccionadas, buen redondeamiento inmersas en una matriz de arena gruesa a media. Pueden constituir terrazas de 1 a 15 m por sobre el lecho actual y se encuentran cubiertas por suelos jóvenes. A ambos lados del rio enplanicies más elevadas, se disponen depósitos glaciofluviales (Plgf1) de la Glaciación Llanquihue consistentes en gravas clastosoportadas, moderada a bien seleccionadas y subredondeadas con escasa matriz arenosa. Se observan lentes y estratos de arenas medias y limos arenosos interestratificados. 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

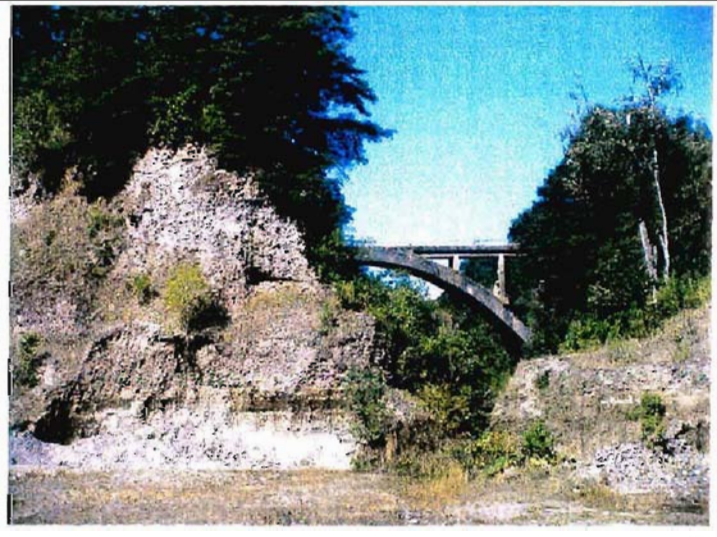
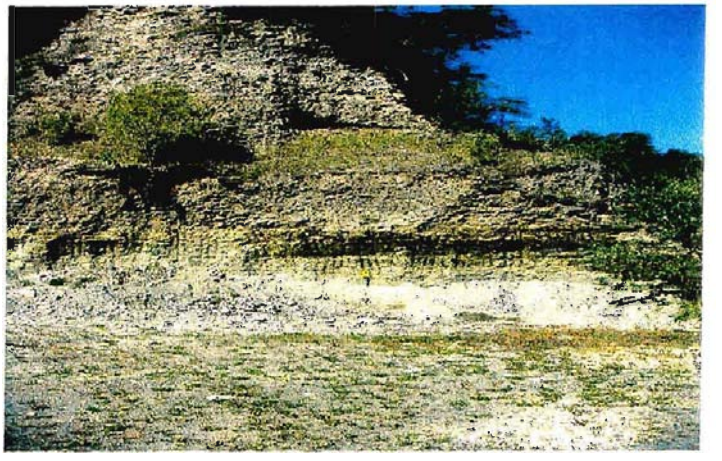
| | |
|---|---|
| Vista puente Chirre. Depósitos glaciofluviales Plgf1 |  |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Detalle explotación de áridos en depósitos glaciofluviales |  |
| Vista general hacia la zona del embalse. Terrazasfluviales inferiores (PlHf) y planicies más elevadas de depósitos glaciofluviales (Plgf1) | |

**Fuente:**Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Los depósitosglaciofluviales presentan una compacidad media a alta que soportan taludes subverticales estables. La totalidad de ellos son excavables mecánicamente .Unidad apropiada como fuentes de empréstito.

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 3LR, 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 3.5.1-1, considerando una superficie máxima regable de 15.700,0 ha, dentro de una envolvente de 95,7ha.

**CUADRO 3.6.1-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO**

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 3.0 | 30.4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 7.0 | 69.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **10.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 3.8 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 798.9 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 17.1 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 47.8 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 484.8 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 37.5 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **1,390.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 10.0 | 0.7 |
| Subtotal Secano | 1,390.0 | 92.9 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 95.7 | 6.4 |
| **TOTAL** | **1,495.7** | **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 elCuadro 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 la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie máxima de 15.700,0 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 0,55; 0,75 y 0,90 hm³, los que permiten el riego de 1.050, 1.300 y 1.400 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 | 577.5 | 55.0 | 715.0 | 55.0 | 770.0 | 55.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 472.5 | 45.0 | 585.0 | 45.0 | 630.0 | 45.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **1,050.0** | **100.0** | **1,300.0** | **100.0** | **1,400.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | |
| Frutales y viveros | 1.0 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 201.2 | 57.5 | 57.5 | 57.5 | 0.0 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 4.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 0.0 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 12.0 | 3.4 | 3.4 | 3.4 | 0.0 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 122.1 | 34.9 | 34.9 | 34.9 | 0.0 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 9.4 | 2.7 | 2.7 | 2.7 | 0.0 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **350.0** | **100.0** | **100.0** | **100.0** | **0.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 1,050.0 | 70.2 | 1,300.0 | 86.9 | 1,400.0 | 93.6 |
| Subtotal Secano | 350.0 | 23.4 | 100.0 | 6.7 | 0.0 | 0.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 95.7 | 6.4 | 95.7 | 6.4 | 95.7 | 6.4 |
| **TOTAL** | **1,495.7** | **100.0** | **1,495.7** | **100.0** | 1,495.7 | **100.0** |

**Fuente:**Ver Anexo C y D

Tal como se indicó anteriormente, a este nivel de perfil, no se presenta la desagregación de las superficies a nivel de estratos dado el nivel preliminar de la información.

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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

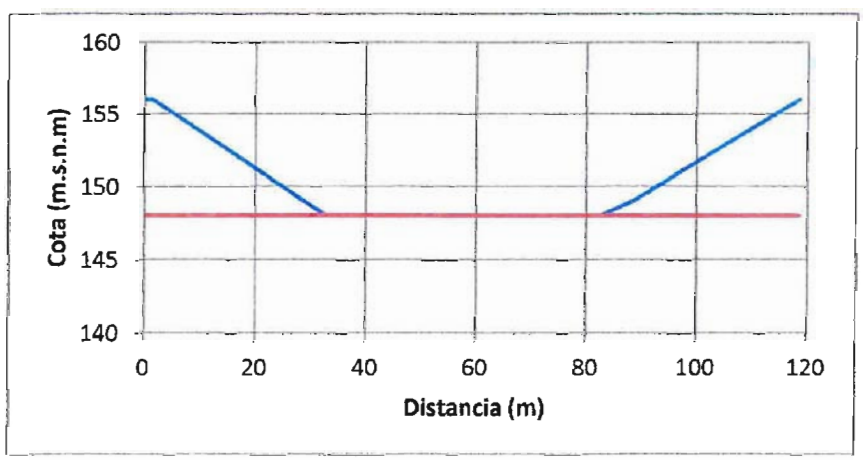
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 0,55; 0,75 y 0,90 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

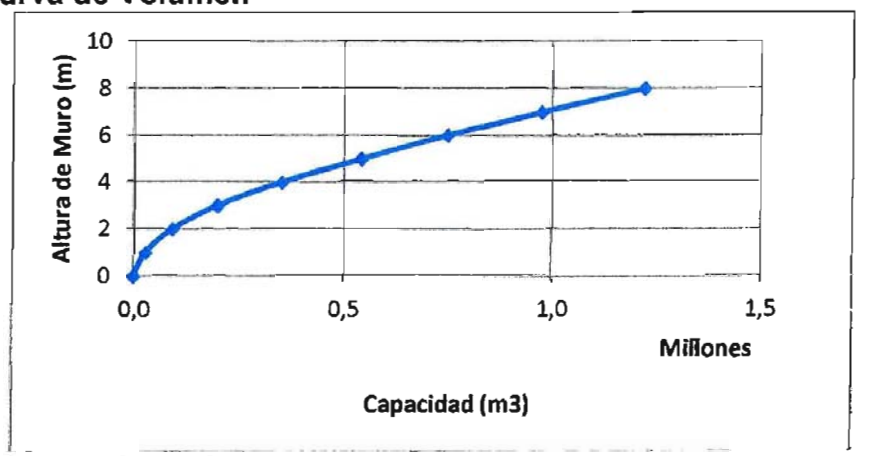
El área de inundación se delimitó a partir de las ubicaciones determinadas en terreno y haciendo uso de Modelos Digitales de Elevación (obtenidos de Shuttle Radar

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

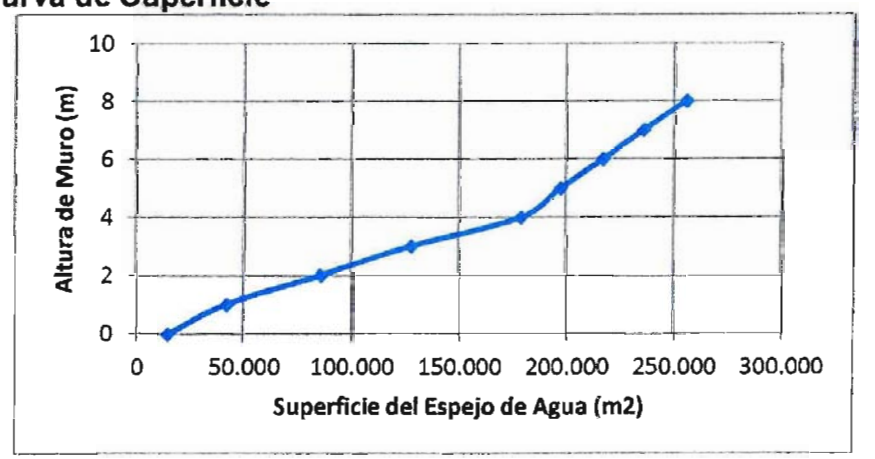
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

**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 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.

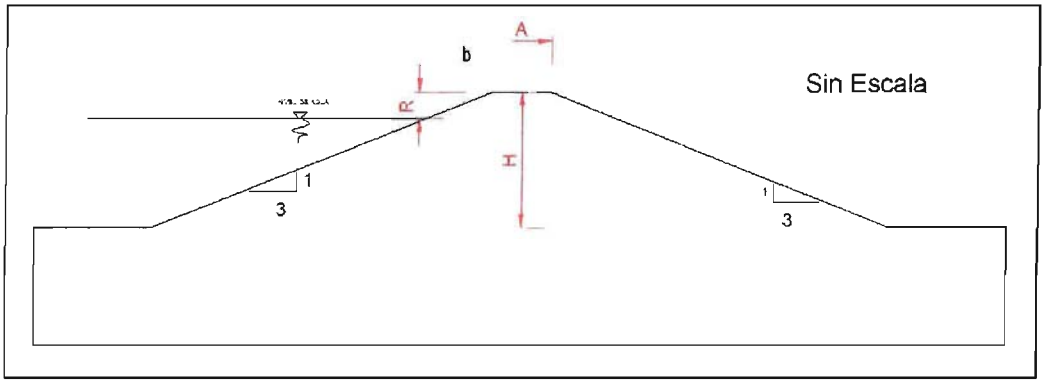
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 0,55 | 5,2 | 6,0 | 151,0 | 3,0 | 3,0 | 2,5 |
| 0,75 | 6,1 | 7,0 | 152,8 | 4,5 | 3,0 | 2,5 |
| 0,90 | 6,7 | 8,0 | 152,0 | 4,5 | 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

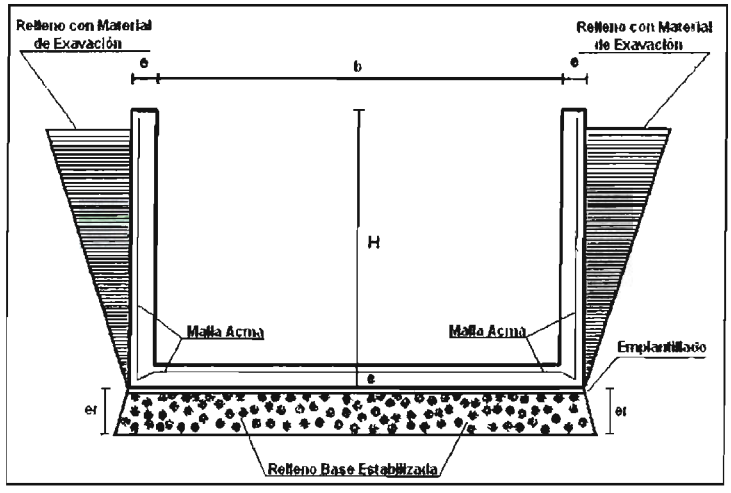
En el Anexo D se muestra el análisis de estabilidad de los muros, el factor de seguridad obtenido es superior a 1,2. Del análisis realizado se concluye que los taludes adoptados para la presa y su geometría en general es adecuada desde el punto de vista estático y sísmico (talud aguas arriba H:V=3,0:1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

### 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, un canal principal 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.

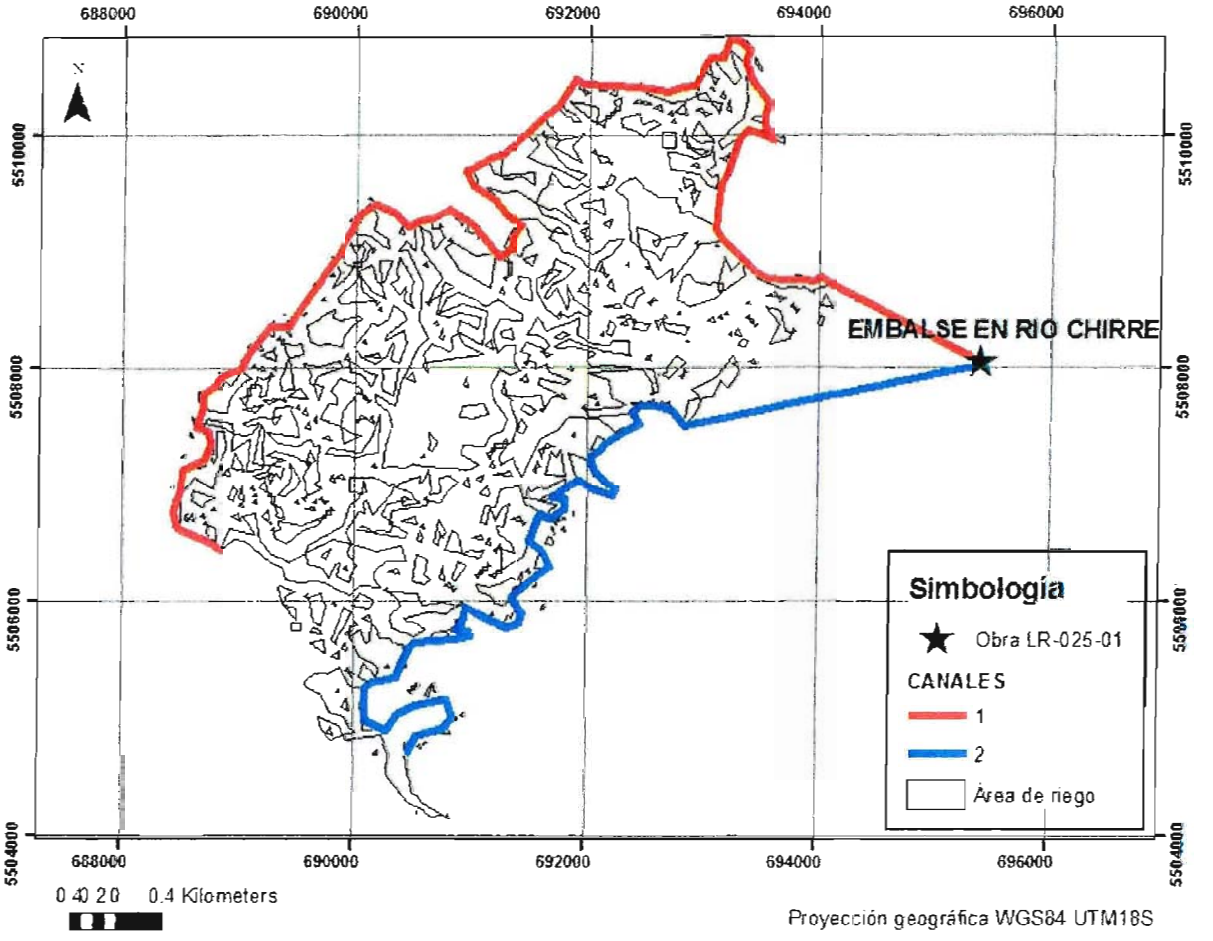
**CUADRO 4.1.2-1**
**PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES**

| 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 |
| 0,55 | 540 | 10,2 | 11,2 | 0,27 | 0,6 | 0,6 | 15 | 15 |
| 0,75 | 600 | 11 | 13,5 | 0,30 | 0,7 | 0,7 | 15 | 15 |
| 0,90 | 650 | 12 | 14,2 | 0,33 | 0,7 | 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

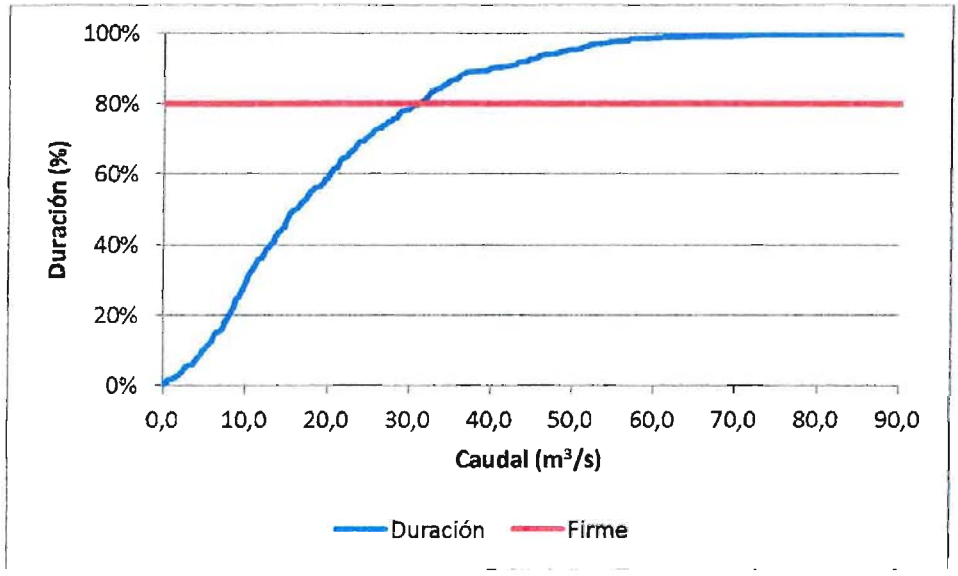
En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó con las planillas de cálculo incluidas en el Anexo D. El análisis se hizo tanto para el caudal máximo probable de diseño, el que se determina como el 80 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 4.2-1. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 31,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:
  $P = \eta_T g Q H$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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) |
|---|---|---|---|
| 0,55 | 5,2 | 1.243 | 6.418,8 |
| 0,75 | 6,1 | 1.455 | 7.488,6 |
| 0,90 | 6,7 | 1.597 | 8.196,2 |

**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 = 0,55 hm³ / h= 6,0 m** | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| **m²** | Roce descepe y escarpe | 3.492 | 1.500 | 1.320 | 5.238.000 | 4.609.440 |
| **m³** | Excavaciones | 682 | 5.000 | 4.800 | 3.410.000 | 3.273.600 |
| **m³** | Relleno de la presa | 7.029 | 4.000 | 3.840 | 28.116.000 | 26.991.360 |
| **m³** | Enrocado de protección e=0,5 m | 770 | 50.000 | 48.000 | 38.500.000 | 36.960.000 |
| **m²** | Filtro geotextil sobre enrocado | 1.847 | 3.500 | 3.430 | 6.464.500 | 6.335.210 |
| **Total Muro** | | | | | **81.728.500** | **78.169.610** |
| **Volumen = 0,75 hm³ / h=7,0 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 4.433 | 1.500 | 1.320 | 6.649.500 | 5.851.560 |
| m³ | Excavaciones | 1.341 | 5.000 | 4.800 | 6.705.000 | 6.436.800 |
| m³ | Relleno de la presa | 12.179 | 4.000 | 3.840 | 48.716.000 | 46.767.360 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 1.043 | 50.000 | 48.000 | 52.150.000 | 50.064.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 2.504 | 3.500 | 3.430 | 8.764.000 | 8.588.720 |
| **Total Muro** | | | | | **122.984.500** | **117.708.440** |
| **Volumen = 0,90 hm³ / h=8,0 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 5.060 | 1.500 | 1.320 | 7.590.000 | 6.679.200 |
| m³ | Excavaciones | 1.781 | 5.000 | 4.800 | 8.905.000 | 8.548.800 |
| m³ | Relleno de la presa | 15.613 | 4.000 | 3.840 | 62.452.000 | 59.953.920 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 1.225 | 50.000 | 48.000 | 61.250.000 | 58.800.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 2.941 | 3.500 | 3.430 | 10.293.500 | 10.087.630 |
| **Total Muro** | | | | | **150.490.500** | **144.069.550** |

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 = 0,55 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.277 | 12.594 | 11.335 | 28.676.538 | 25.808.884 |
| m³ | Hormigón H-30 | 6.260 | 99.523 | 94.547 | 622.964.219 | 591.816.008 |
| m² | Malla Acma C-295 | 41.730 | 7.877 | 7.719 | 328.707.210 | 322.133.066 |
| m² | Moldajes 3 usos | 19.260 | 8.834 | 7.951 | 170.142.840 | 153.128.556 |
| m² | Aplicación Antisol | 12.840 | 255 | 230 | 3.274.200 | 2.946.780 |
| m | Juntas de dilatación | 7.704 | 5.994 | 5.395 | 46.177.776 | 41.559.998 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.199.942.783** | **1.137.393.292** |
| **Volumen = 0,75 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 37.920.534 | 34.128.481 | 37.920.534 | 34.128.481 | 37.920.534 |
| m³ | Hormigón H-30 | 822.930.806 | 781.784.266 | 822.930.806 | 781.784.266 | 822.930.806 |
| m² | Malla Acma C-295 | 434.219.625 | 425.535.233 | 434.219.625 | 425.535.233 | 434.219.625 |
| m² | Moldajes 3 usos | 223.647.433 | 201.282.690 | 223.647.433 | 201.282.690 | 223.647.433 |
| m² | Aplicación Antisol | 4.373.250 | 3.935.925 | 4.373.250 | 3.935.925 | 4.373.250 |
| m | Juntas de dilatación | 61.678.260 | 55.510.434 | 61.678.260 | 55.510.434 | 61.678.260 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.584.769.909** | **1.502.177.028** |
| **Volumen = 0,90 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 3.220 | 12.594 | 11.335 | 40.552.680 | 36.497.412 |
| m³ | Hormigón H-30 | 8.057 | 99.523 | 94.547 | 801.807.050 | 761.716.697 |
| m² | Malla Acma C-295 | 53.710 | 7.877 | 7.719 | 423.073.670 | 414.612.197 |
| m² | Moldajes 3 usos | 23.580 | 8.834 | 7.951 | 208.305.720 | 187.475.148 |
| m² | Aplicación Antisol | 18.340 | 255 | 230 | 4.676.700 | 4.209.030 |
| m | Juntas de dilatación | 9.956 | 5.994 | 5.395 | 59.676.264 | 53.708.638 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.538.092.084** | **1.458.219.121** |

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 ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|
| 0,55 | 1243 | 3.004.393.150 | 132.984 | 6.215.000 |
| 0,75 | 1455 | 3.516.807.750 | 155.665 | 7.275.000 |
| 0,90 | 1597 | 3.860.028.850 | 170.857 | 7.985.000 |

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 ($) |
|---|---|---|
| 0,55 | 52,3 | 259.810.415,0 |
| 0,75 | 68,7 | 341.594.215,0 |
| 0,90 | 84,8 | 421.570.639,0 |

**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 = 0,55 hm$^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 81.728.500 | 78.169.610 |
| **Obra de Desvío** | 8.172.850 | 7.816.961 |
| **Obra de Toma** | 4.086.425 | 3.908.481 |
| **Vertedero** | 28.604.975 | 27.359.364 |
| **Sistema de Distribución** | 1.199.942.783 | 1.137.393.292 |
| **Caminos de Acceso** | 8.172.850 | 7.816.961 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.340.708.383** | **1.272.464.668** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **804.425.030** | **763.478.801** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 3.004.393.150 | 3.004.393.150 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **3.004.393.150** | **3.004.393.150** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **1.051.537.603** | **1.051.537.603** |
| **EXPROPIACIONES** | **259.810.415** | **259.810.415** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **6.460.874.580** | **6.351.684.636** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **285.991** | **281.157** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **13.365.207** | **13.139.332** |

| Volumen = 0,75 hm$^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 122.984.500 | 117.708.440 |
| **Obra de Desvío** | 12.298.450 | 11.770.844 |
| **Obra de Toma** | 6.149.225 | 5.885.422 |
| **Vertedero** | 43.044.575 | 41.197.954 |
| **Sistema de Distribución** | 1.584.769.909 | 1.502.177.028 |
| **Caminos de Acceso** | 12.298.450 | 11.770.844 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.791.545.109** | **1.700.510.532** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **1.074.927.065** | **1.020.306.319** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 3.516.807.750 | 3.516.807.750 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **3.516.807.750** | **3.516.807.750** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **1.230.882.713** | **1.230.882.713** |
| **EXPROPIACIONES** | **341.594.215** | **341.594.215** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **7.955.756.851** | **7.810.101.529** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **352.162** | **345.714** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **16.457.576** | **16.156.268** |

| Volumen = 0,90 hm$^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 150.490.500 | 144.069.550 |

**CUADRO 5.5-1**
**RESUMEN DE COSTOS**

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 15.049.050 | 14.406.955 |
| **Obra de Toma** | 7.524.525 | 7.203.478 |
| **Vertedero** | 52.671.675 | 50.424.343 |
| **Sistema de Distribución** | 1.538.092.084 | 1.458.219.121 |
| **Caminos de Acceso** | 15.049.050 | 14.406.955 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.788.876.884** | **1.698.730.401** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **1.073.326.130** | **1.019.238.241** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 3.860.028.850 | 3.860.028.850 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **3.860.028.850** | **3.860.028.850** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **1.351.010.098** | **1.351.010.098** |
| **EXPROPIACIONES** | **421.570.639** | **421.570.639** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **8.745.440.403** | **8.587.684.519** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **387.117** | **380.134** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **18.091.145** | **17.764.805** |

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 | 71.986.350 | 71.986.350 | 0 | 71.986.350 | 0 | 71.986.350 | 0 | 71.986.350 | 0 |
| 1 | 74.564.433 | -140.362.008 | -214.926.442 | -865.536.588 | -940.101.021 | -1.018.711.095 | -1.093.275.528 | -1.088.345.100 | -1.162.909.534 |
| 2 | 74.564.433 | -140.247.203 | -214.811.636 | -1.181.916.092 | -1.256.480.525 | -1.406.476.967 | -1.481.041.400 | -1.506.060.839 | -1.580.625.272 |
| 3 | 74.564.433 | -140.056.300 | -214.620.734 | -1.933.550.264 | -2.008.114.697 | -2.307.854.476 | -2.382.418.910 | -2.477.095.206 | -2.551.659.639 |
| 4 | 74.564.433 | -140.050.340 | -214.614.773 | -849.182.515 | -923.746.948 | -929.531.209 | -1.004.095.642 | -992.344.572 | -1.066.909.006 |
| 5 | 74.564.433 | -172.719.261 | -247.283.695 | -624.358.633 | -698.923.066 | -630.163.570 | -704.728.003 | -667.345.388 | -741.909.821 |
| 6 | 40.109.677 | -268.855.705 | -308.965.382 | 434.098.008 | 393.988.331 | 648.742.302 | 608.632.624 | 720.646.827 | 680.537.149 |
| 7 | 54.769.939 | -38.349.173 | -93.119.112 | 1.586.548.347 | 1.531.778.408 | 2.018.900.042 | 1.964.130.103 | 2.177.887.528 | 2.123.117.589 |
| 8 | 53.460.570 | -38.377.441 | -91.838.011 | 2.441.901.332 | 2.388.440.762 | 3.079.163.113 | 3.025.702.543 | 3.320.114.633 | 3.266.654.064 |
| 9 | 56.689.269 | -38.333.129 | -95.022.398 | 3.006.402.166 | 2.949.712.898 | 3.777.921.662 | 3.721.232.394 | 4.072.576.268 | 4.015.887.000 |
| 10 | 61.068.865 | -37.812.560 | -98.881.425 | 3.564.654.130 | 3.503.585.265 | 4.468.459.709 | 4.407.390.845 | 4.816.028.749 | 4.754.959.884 |
| 11 | 66.795.157 | -37.311.863 | -104.107.020 | 3.875.096.894 | 3.808.301.737 | 4.851.624.884 | 4.784.829.727 | 5.228.282.888 | 5.161.487.731 |
| 12 | 68.670.982 | -37.315.737 | -105.986.720 | 3.877.392.939 | 3.808.721.957 | 4.853.920.929 | 4.785.249.947 | 5.230.578.933 | 5.161.907.950 |
| 13 | 71.986.350 | -37.319.165 | -109.305.514 | 3.881.314.749 | 3.809.328.399 | 4.857.842.738 | 4.785.856.389 | 5.234.500.742 | 5.162.514.392 |
| 14 | 74.564.433 | -37.325.318 | -111.889.751 | 2.530.711.513 | 2.456.147.079 | 3.183.194.931 | 3.108.630.497 | 3.430.235.105 | 3.355.670.672 |
| 15 | 74.564.433 | -37.319.357 | -111.883.790 | 967.997.874 | 893.433.441 | 1.246.437.625 | 1.171.873.191 | 1.343.860.332 | 1.269.295.899 |
| 16 | 74.564.433 | -37.318.620 | -111.883.054 | -1.741.317.669 | -1.815.882.102 | -2.111.366.738 | -2.185.931.171 | -2.273.339.558 | -2.347.903.991 |
| 17 | 72.372.197 | -40.009.551 | -112.381.748 | -478.252.707 | -550.624.904 | -545.333.941 | -617.706.138 | -586.119.627 | -658.491.824 |
| 18 | 74.029.621 | -38.349.173 | -112.378.795 | -153.029.588 | -227.059.209 | -142.664.961 | -216.694.582 | -152.472.302 | -226.501.923 |
| 19 | 41.737.033 | -38.377.441 | -80.114.474 | 663.353.928 | 621.616.895 | 877.705.532 | 835.968.499 | 949.492.981 | 907.755.948 |
| 20 | 54.784.182 | -38.333.129 | -93.117.311 | 1.586.551.933 | 1.531.767.752 | 2.018.901.067 | 1.964.116.885 | 2.177.887.528 | 2.123.103.346 |
| 21 | 53.648.985 | -37.812.560 | -91.461.545 | 2.442.043.568 | 2.388.394.584 | 3.079.203.752 | 3.025.554.768 | 3.320.114.633 | 3.266.465.649 |
| 22 | 57.209.838 | -37.311.863 | -94.521.701 | 3.006.659.320 | 2.949.449.482 | 3.777.995.135 | 3.720.785.297 | 4.072.576.268 | 4.015.366.430 |
| 23 | 61.445.331 | -37.315.737 | -98.761.068 | 3.564.780.204 | 3.503.334.874 | 4.468.495.731 | 4.407.050.400 | 4.816.028.749 | 4.754.583.418 |
| 24 | 66.795.157 | -37.319.165 | -104.114.322 | 3.875.096.894 | 3.808.301.737 | 4.851.624.884 | 4.784.829.727 | 5.228.282.888 | 5.161.487.731 |
| 25 | 68.670.982 | -37.325.318 | -105.996.300 | 3.877.392.939 | 3.808.721.957 | 4.853.920.929 | 4.785.249.947 | 5.230.578.933 | 5.161.907.950 |
| 26 | 71.986.350 | -37.319.357 | -109.305.706 | 3.881.314.749 | 3.809.328.399 | 4.857.842.738 | 4.785.856.389 | 5.234.500.742 | 5.162.514.392 |
| 27 | 74.564.433 | -37.318.620 | -111.883.054 | 2.530.711.513 | 2.456.147.079 | 3.183.194.931 | 3.108.630.497 | 3.430.235.105 | 3.355.670.672 |
| 28 | 72.372.197 | -40.009.551 | -112.381.748 | 967.319.797 | 894.947.600 | 1.246.243.888 | 1.173.871.691 | 1.343.860.332 | 1.271.488.135 |
| 29 | 74.029.621 | -38.349.173 | -112.378.795 | -1.741.578.409 | -1.815.608.030 | -2.111.441.235 | -2.185.470.856 | -2.273.339.558 | -2.347.369.179 |
| 30 | 73.999.553 | -38.377.441 | -112.376.993 | -477.842.941 | -551.842.493 | -545.216.865 | -619.216.418 | -586.119.627 | -660.119.180 |

**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 | 105.685.372 | 105.685.372 | 0 | 105.685.372 | 0 | 105.685.372 | 0 | 105.685.372 | 0 |
| 1 | 109.037.869 | -105.049.858 | -214.087.726 | -823.356.869 | -932.394.738 | -975.063.370 | -1.084.101.239 | -1.044.110.173 | -1.153.148.042 |
| 2 | 109.037.869 | -104.911.379 | -213.949.247 | -1.115.816.940 | -1.224.854.809 | -1.334.130.173 | -1.443.168.041 | -1.431.214.988 | -1.540.252.857 |
| 3 | 109.037.869 | -104.680.946 | -213.718.815 | -1.804.317.275 | -1.913.355.144 | -2.157.257.212 | -2.266.295.081 | -2.317.952.231 | -2.426.990.099 |
| 4 | 109.037.869 | -104.675.757 | -213.713.626 | -691.619.888 | -800.657.757 | -743.823.460 | -852.861.329 | -795.378.775 | -904.416.643 |
| 5 | 109.037.869 | -137.344.463 | -246.382.332 | -327.463.162 | -436.501.030 | -271.772.932 | -380.810.801 | -284.356.684 | -393.394.552 |
| 6 | 70.531.546 | -230.787.638 | -301.319.184 | 902.931.006 | 832.399.460 | 1.211.003.869 | 1.140.472.323 | 1.320.279.822 | 1.249.748.275 |
| 7 | 84.460.861 | -4.523.015 | -88.983.876 | 2.111.391.096 | 2.026.930.235 | 2.664.101.254 | 2.579.640.393 | 2.871.232.124 | 2.786.771.264 |
| 8 | 83.907.491 | -3.109.659 | -87.017.150 | 3.077.226.306 | 2.993.318.814 | 3.857.921.699 | 3.774.014.208 | 4.156.246.664 | 4.072.339.172 |
| 9 | 88.068.544 | -3.128.301 | -91.196.845 | 3.743.287.993 | 3.655.219.450 | 4.683.412.092 | 4.595.343.548 | 5.045.508.539 | 4.957.439.995 |
| 10 | 93.144.766 | -3.022.753 | -96.167.519 | 4.395.406.580 | 4.302.261.814 | 5.490.545.832 | 5.397.401.066 | 5.914.648.340 | 5.821.503.574 |
| 11 | 99.416.809 | -2.472.723 | -101.889.531 | 4.775.756.791 | 4.676.339.982 | 5.960.437.286 | 5.861.020.477 | 6.420.356.292 | 6.320.939.483 |
| 12 | 101.793.840 | -1.940.138 | -103.733.978 | 4.782.526.659 | 4.680.732.819 | 5.967.110.698 | 5.865.316.857 | 6.426.991.120 | 6.325.197.280 |
| 13 | 105.685.372 | -1.943.685 | -107.629.057 | 4.785.304.413 | 4.679.619.041 | 5.969.888.451 | 5.864.203.079 | 6.429.768.874 | 6.324.083.502 |
| 14 | 109.037.869 | -1.951.496 | -110.989.364 | 3.283.297.626 | 3.174.259.758 | 4.107.296.883 | 3.998.259.015 | 4.422.943.394 | 4.313.905.525 |
| 15 | 109.037.869 | -1.945.535 | -110.983.403 | 1.478.101.023 | 1.369.063.155 | 1.869.068.311 | 1.760.030.442 | 2.011.502.034 | 1.902.464.165 |
| 16 | 109.037.869 | -1.944.798 | -110.982.667 | -1.612.084.680 | -1.721.122.549 | -1.960.769.473 | -2.069.807.342 | -2.114.196.583 | -2.223.234.452 |
| 17 | 106.989.505 | -1.942.795 | -108.932.300 | -320.012.004 | -427.001.509 | -359.432.456 | -466.421.961 | -389.153.830 | -496.143.335 |
| 18 | 108.400.933 | -4.524.509 | -112.925.442 | 143.475.808 | 35.074.875 | 215.614.227 | 107.213.294 | 230.516.402 | 122.115.469 |
| 19 | 71.924.332 | -3.111.281 | -75.035.612 | 1.131.481.740 | 1.059.557.408 | 1.439.765.617 | 1.367.841.286 | 1.549.125.976 | 1.477.201.644 |
| 20 | 84.547.767 | -3.129.923 | -87.677.690 | 2.111.741.798 | 2.027.194.031 | 2.664.201.454 | 2.579.653.687 | 2.871.232.124 | 2.786.684.358 |
| 21 | 84.178.377 | -3.024.375 | -87.202.752 | 3.077.248.189 | 2.993.069.812 | 3.857.927.951 | 3.773.749.574 | 4.156.246.664 | 4.072.068.287 |
| 22 | 88.618.574 | -2.474.345 | -91.092.918 | 3.743.453.067 | 3.654.834.493 | 4.683.459.256 | 4.594.840.682 | 5.045.508.539 | 4.956.889.965 |
| 23 | 93.529.459 | -1.941.915 | -95.471.374 | 4.395.680.117 | 4.302.150.658 | 5.490.623.985 | 5.397.094.526 | 5.914.648.340 | 5.821.118.881 |
| 24 | 99.416.809 | -1.945.343 | -101.362.152 | 4.775.891.831 | 4.676.475.022 | 5.960.475.869 | 5.861.059.060 | 6.420.356.292 | 6.320.939.483 |
| 25 | 101.793.840 | -1.951.496 | -103.745.336 | 4.782.526.659 | 4.680.732.819 | 5.967.110.698 | 5.865.316.857 | 6.426.991.120 | 6.325.197.280 |
| 26 | 105.685.372 | -1.945.535 | -107.630.907 | 4.785.304.413 | 4.679.619.041 | 5.969.888.451 | 5.864.203.079 | 6.429.768.874 | 6.324.083.502 |
| 27 | 109.037.869 | -1.944.798 | -110.982.667 | 3.283.297.626 | 3.174.259.758 | 4.107.296.883 | 3.998.259.015 | 4.422.943.394 | 4.313.905.525 |
| 28 | 106.989.505 | -1.942.795 | -108.932.300 | 1.478.101.023 | 1.371.111.518 | 1.869.068.311 | 1.762.078.806 | 2.011.502.034 | 1.904.512.529 |
| 29 | 108.400.933 | -4.524.509 | -112.925.442 | -1.612.735.496 | -1.721.136.428 | -1.960.955.421 | -2.069.356.353 | -2.114.196.583 | -2.222.597.516 |
| 30 | 108.382.290 | -3.111.281 | -111.493.571 | -320.307.424 | -428.689.714 | -359.516.862 | -467.899.152 | -389.153.830 | -497.536.120 |

**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 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 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 UTILIDDES**

| Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|
| | Privado | Social | Privado | Social |
| 0,55 | 225.224.960 | 216.114.202 | 1.919.908.452 | 1.819.829.267 |
| 0,75 | 330.840.320 | 317.333.606 | 2.535.631.854 | 2.403.483.245 |
| 0,90 | 401.255.680 | 384.818.048 | 2.460.947.334 | 2.333.150.594 |

**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 UTILIDDES**

| Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|
| 0,55 | 1.243 | 4.055.930.753 |
| 0,75 | 1.455 | 4.747.690.463 |
| 0,90 | 1.597 | 5.211.038.948 |

**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 tampoco es rentable tanto a precios privados.

Es interesante observar que en este caso los indicadores son menores a los anteriores, 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 $) | IVAN | Tir (%) |
| 0,55 | 2.049,3 | 0,96 | 14,9% | 17.140,3 | 8,42 | 18,8% |
| 0,75 | 2.988,4 | 1,04 | 15,3% | 22.089,6 | 8,12 | 19,2% |
| 0,90 | 3.233,2 | 1,04 | 15,3% | 23.852,1 | 8,07 | 19,1% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | |
| Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 0,55 | 21,4 | 0,00 | 12,0% | 16.627,6 | 2,73 | 14,8% |
| 0,75 | 605,6 | 0,08 | 12,5% | 21.474,1 | 2,88 | 15,3% |
| 0,90 | 609,4 | 0,07 | 12,4% | 23.162,2 | 2,84 | 15,2% |

**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 0,9hm³, 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 1.400ha 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 CHIRRE
## 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 3LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 30,4 | 55,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 69,5 | 45,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,0 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 57,5 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1,2 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 3,4 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 34,9 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 2,7 | 2,7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45,0 | 27,0 | 25,0 | 36,0 | 54,0 | 75,0 | 94,0 | 121,0 | 141,0 | 131,0 | 107,0 | 77,0 | 933,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,2 | 41,3 | 75,2 | 127,1 | 148,1 | 102,2 | 53,5 | 0,0 | 563,6 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 42,8 | 25,7 | 23,8 | 34,2 | 51,3 | 71,3 | 89,3 | 115,0 | 134,0 | 124,5 | 101,7 | 73,2 | 886,8 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 39,5 | 121,0 | 157,9 | 128,4 | 79,2 | 0,0 | 554,5 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109,0 | 131,0 | 122,0 | 134,0 | 120,0 | 105,0 | 93,0 | 87,0 | 66,0 | 54,0 | 67,0 | 99,0 | 1.187,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 40,1 | 82,1 | 48,2 | 0,0 | 0,0 | 170,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,0 | 68,0 | 70,5 | 34,7 | 0,0 | 201,2 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,0 | 91,9 | 74,4 | 12,2 | 0,0 | 212,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 446,0 | 912,0 | 536,0 | 0,0 | 0,0 | 1.894,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 373,0 | 907,0 | 940,0 | 463,0 | 0,0 | 2.683,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 756,0 | 2.042,0 | 1.653,0 | 271,0 | 0,0 | 4.722,0 |

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

**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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 CHIRRE
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

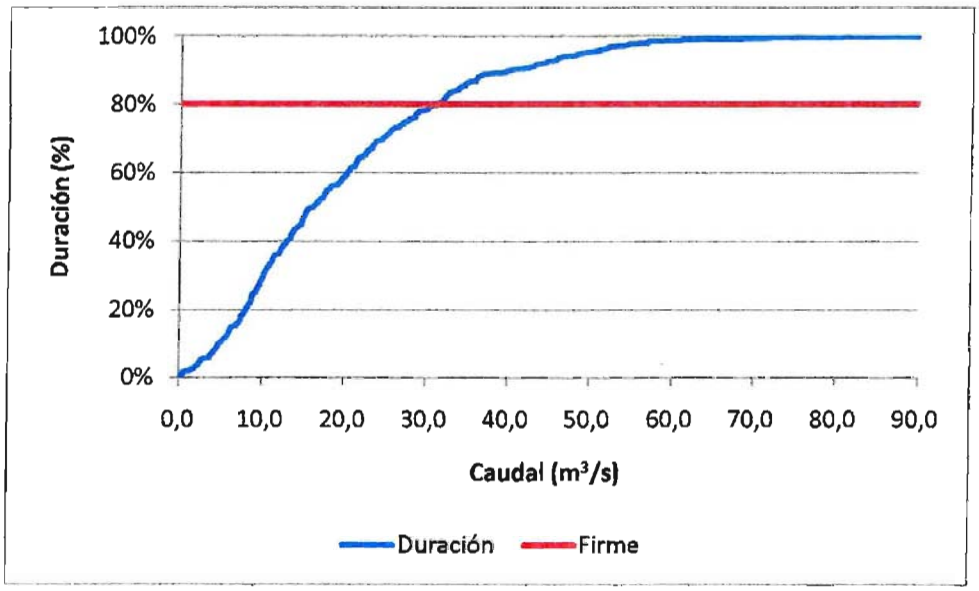
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 CHIRRE
# 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.

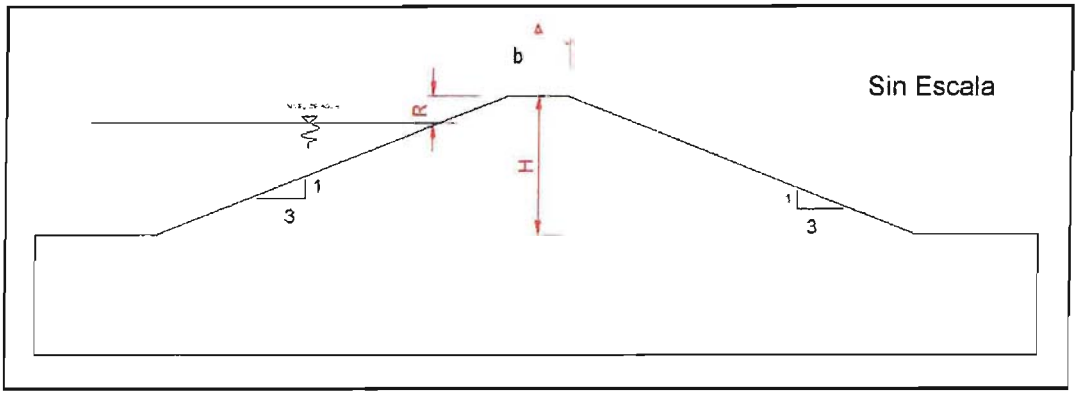
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 0,55 | 5,2 | 6,0 | 154,0 | 3,0 | 3,0 | 2,5 |
| 0,90 | 6,7 | 8,0 | 156,0 | 4,5 | 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.

**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 ($t/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,55 | SC-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |
| 0,90 | SC-CL | 30 | 1,5 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

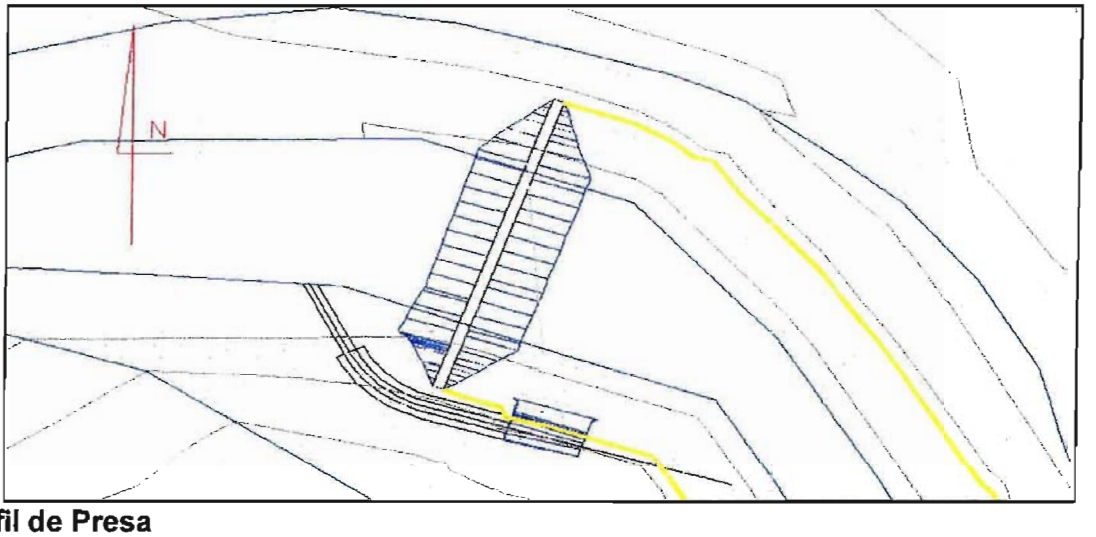
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **0,55** | 1,701 |
| **0,90** | 1,529 |

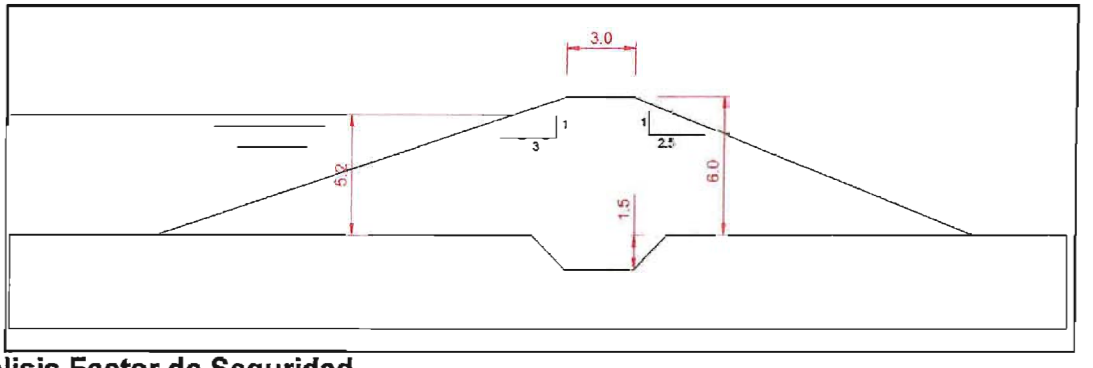
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 0,55 hm$^3$**

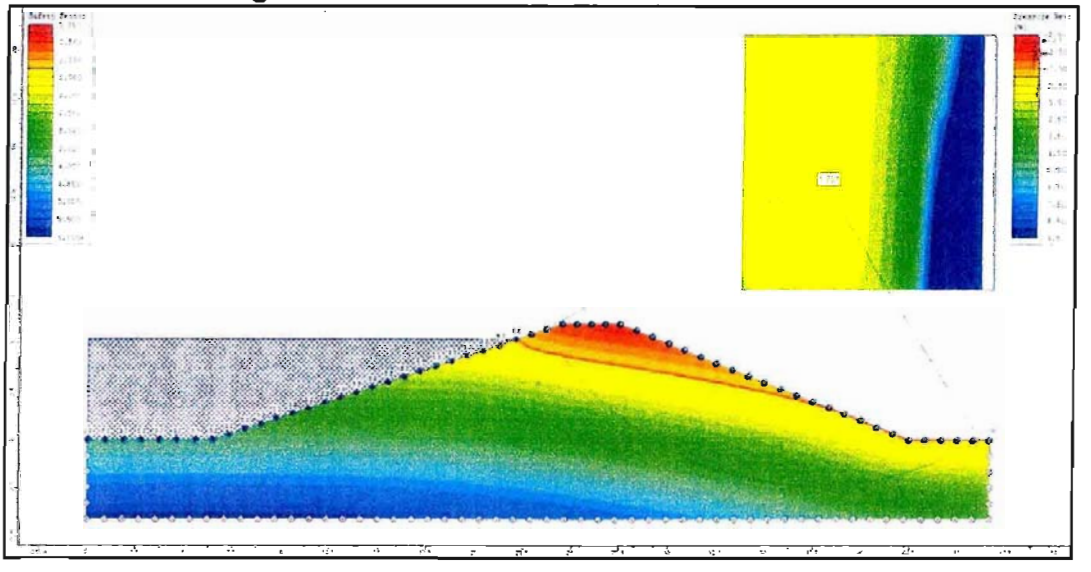
**Vista en Planta**




**Perfil de Presa**



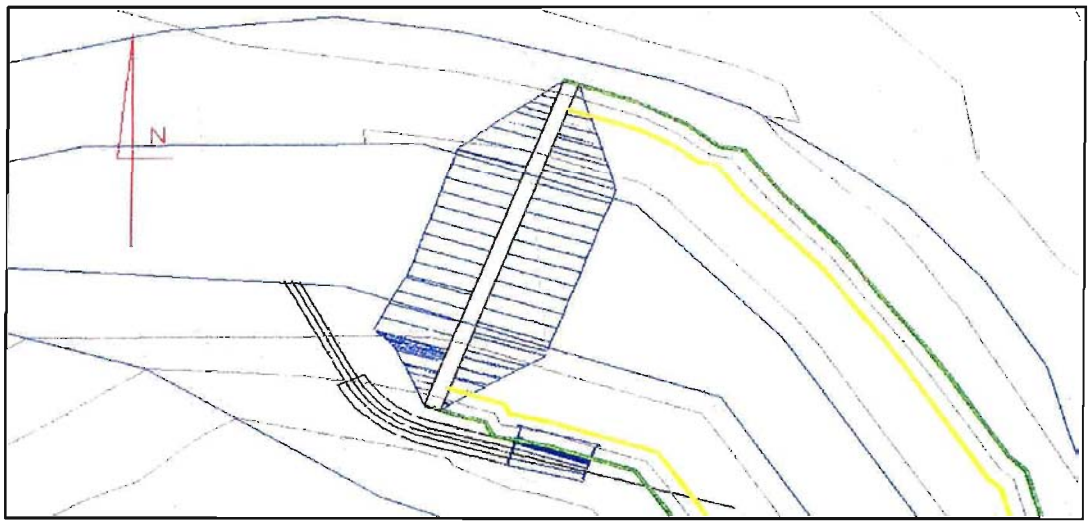

**Análisis Factor de Seguridad**



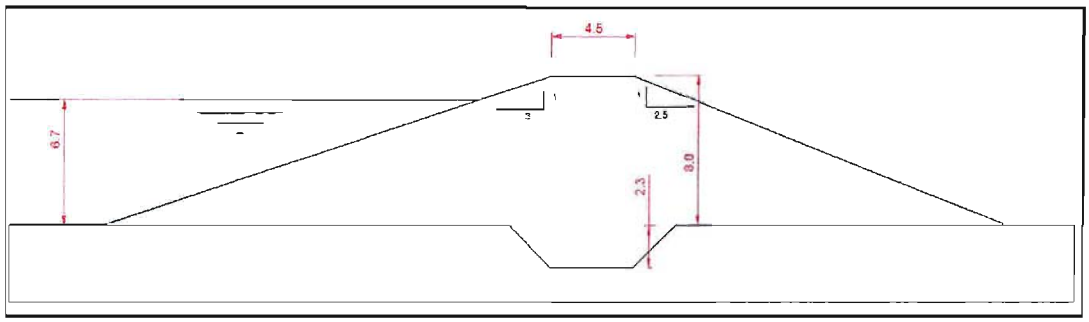
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 0,90 hm$^3$**

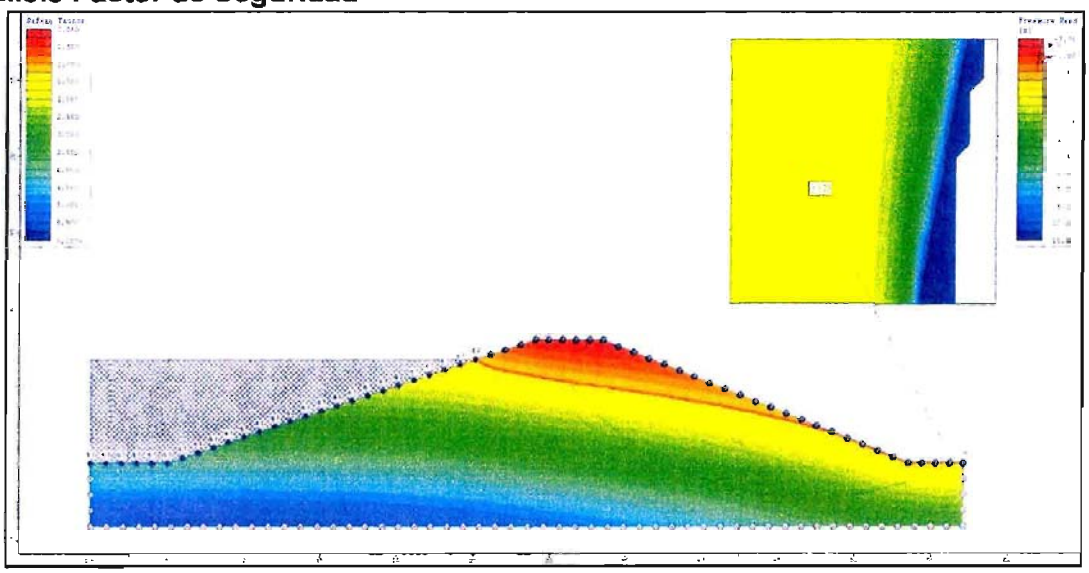
**Vista en Planta**




**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #7:

# EMBALSE EN RÍO CORELTUE

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**ESTUDIO DE PERFIL**

# "CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN RÍO CORELTUÉ (LR-111-04)"

**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 | 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** | **33** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 33 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 33 |
| 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 | 46 |

6.5. RESULTADOS 46

**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 Coreltué**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Coreltué comuna de Lanco, 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 Coreltué 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 Coreltué.

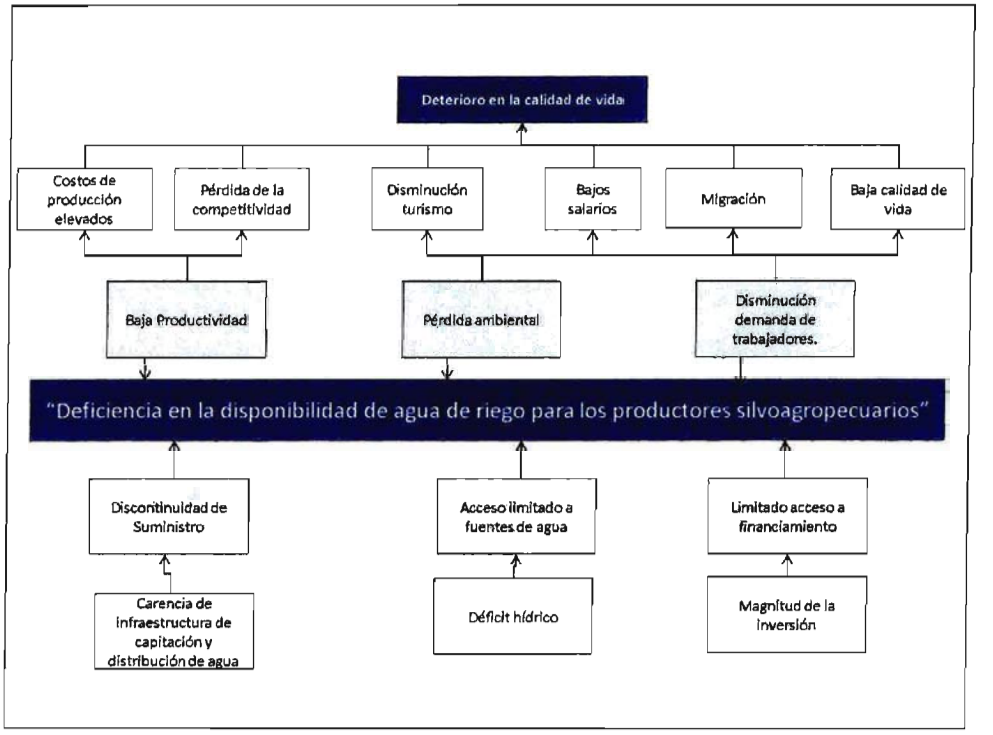
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Coreltué, existen 4.000 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 cerca de 900 ha potenciales de frutales, 2.800 ha potenciales de praderas, y cerca de 300 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

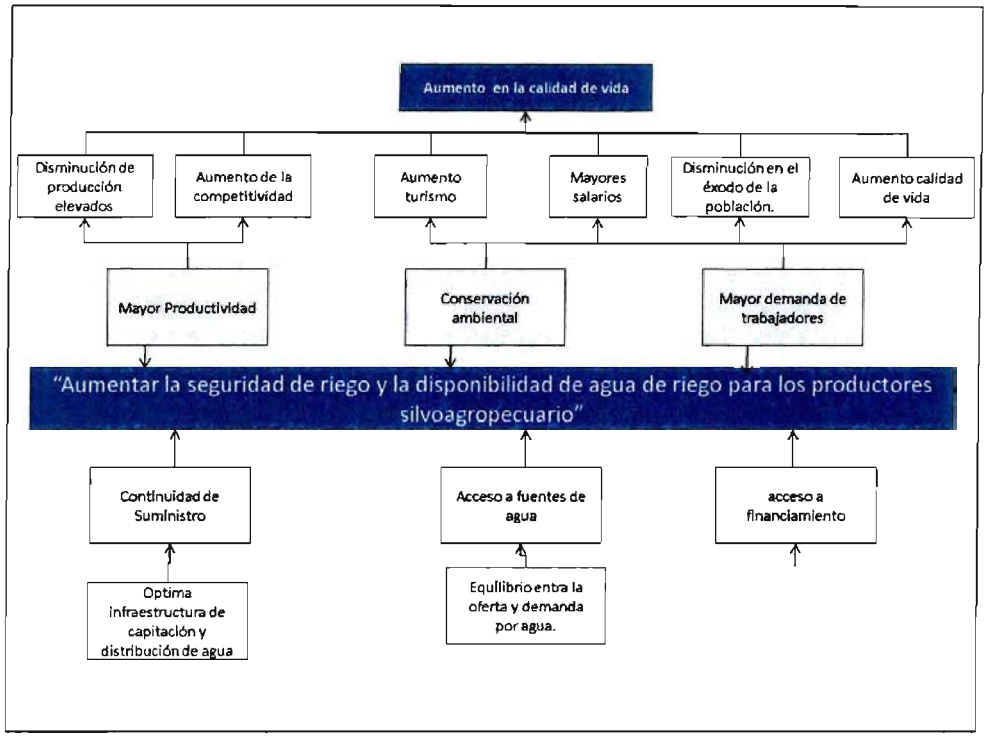



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles sólo en el mes de Julio, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.

- Alternativa 2: 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 Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.627.441 N, 707.985 E) la que se caracteriza por poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca

perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

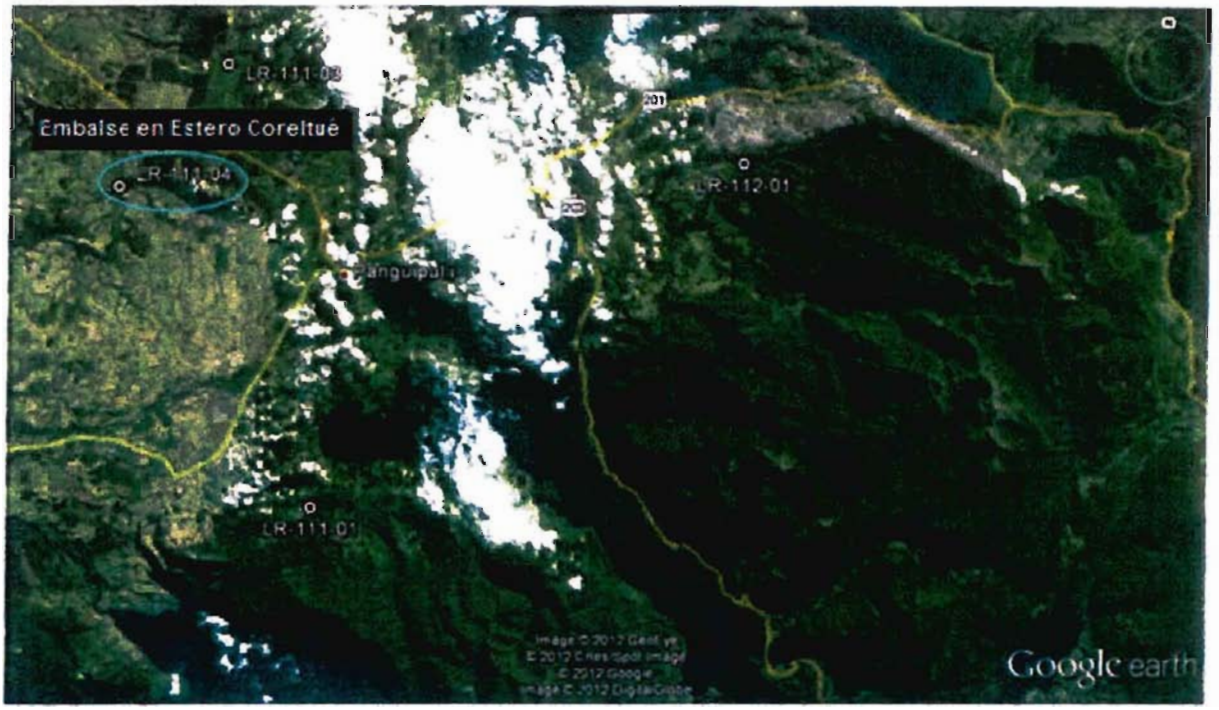
La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frio, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frio, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo 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, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -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 (INIA, 1989). Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm. anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego corresponde a las localidades de Pelehue, Comunidad Rayenco, Comunidad Pangui, Comunidad Belisario Repileo, y Melefque. Actualmente posee praderas naturales, frutales, y otros cultivos. (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. 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 4.000 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 Panguipulli y está compuesta por un total de 33.273 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Panguipulli** | 33.273 | 51% | 49% |

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

En cuanto a la composición de la población comunal, en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un 48% de la población vive en la ciudad y el 52% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral en el Cuadro 3.3-2 se pueden apreciar las cifras regionales, donde el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la Comuna de Panguipulli es de 26,7 y corresponde a 9.346 habitantes, como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

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

| CATEGORÍA OCUPACIONAL | ACTIVIDAD | | TOTAL |
|---|---|---|---|
| | Otras actividades de la economía | Silvoagropecuaria | |
| Ocupado | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86% | 23,14% | 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 Panguipulli | Región | País |
| **Pobre Indigente** | 3.735 | 1.997 | 3.243 | 9,27 | 6,11 | 3,74 |
| **Pobre no Indigente** | 7.627 | 6.092 | 6.103 | 17,45 | 14,33 | 11,38 |
| **No Pobre** | 21.641 | 24.590 | 25.638 | 73,28 | 79,56 | 84,88 |
| **Total** | 33.003 | 32.679 | 34.984 | 100 | 100 | 100 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, y2009

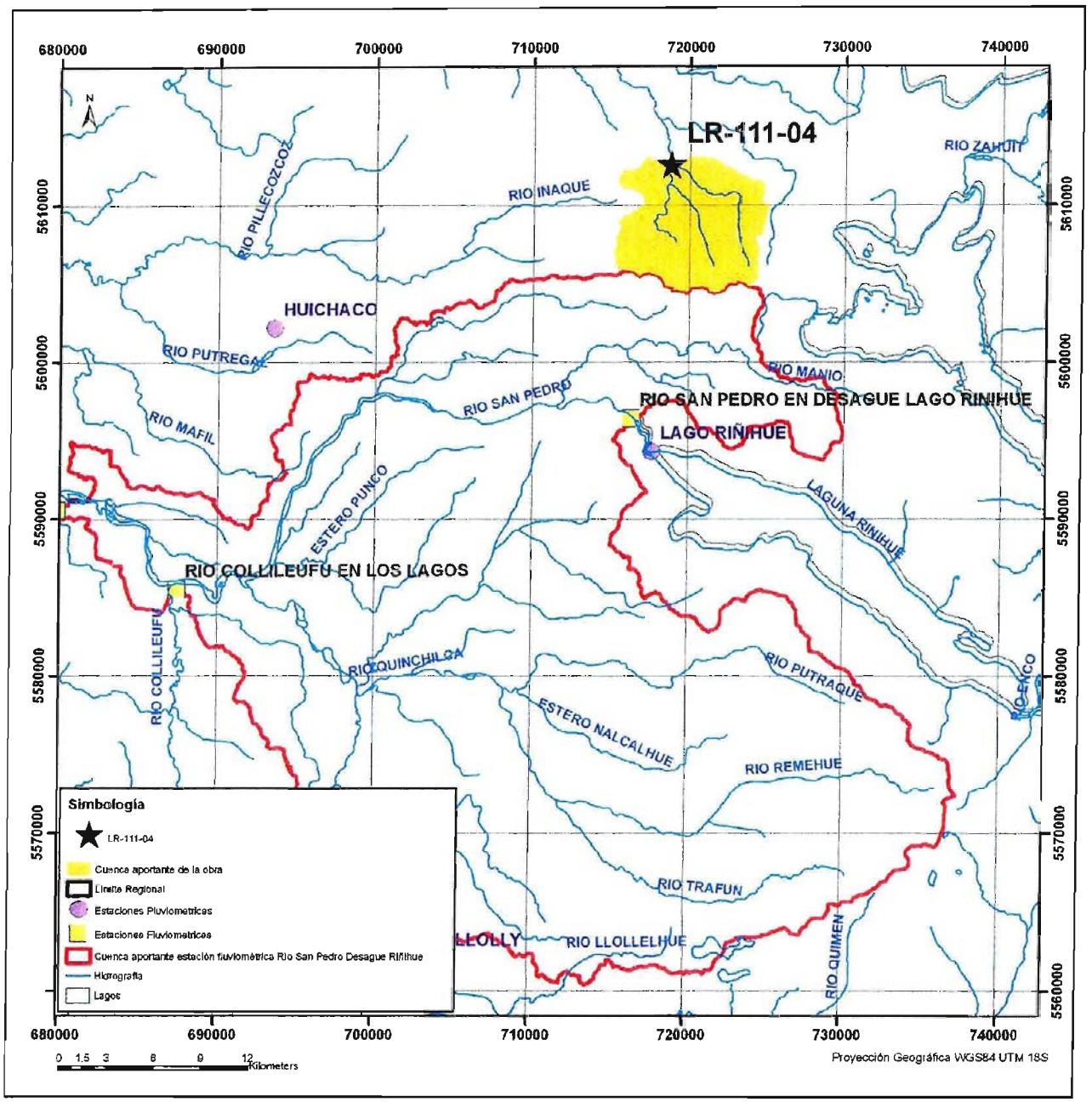
## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.134 mm y un caudal medio de 3,6 m³/s. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Riñihue. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca, lo que no aconseja usar las mediciones fluviométricas de la estación Río Cruces en Rucaco para transposición de caudales.

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.

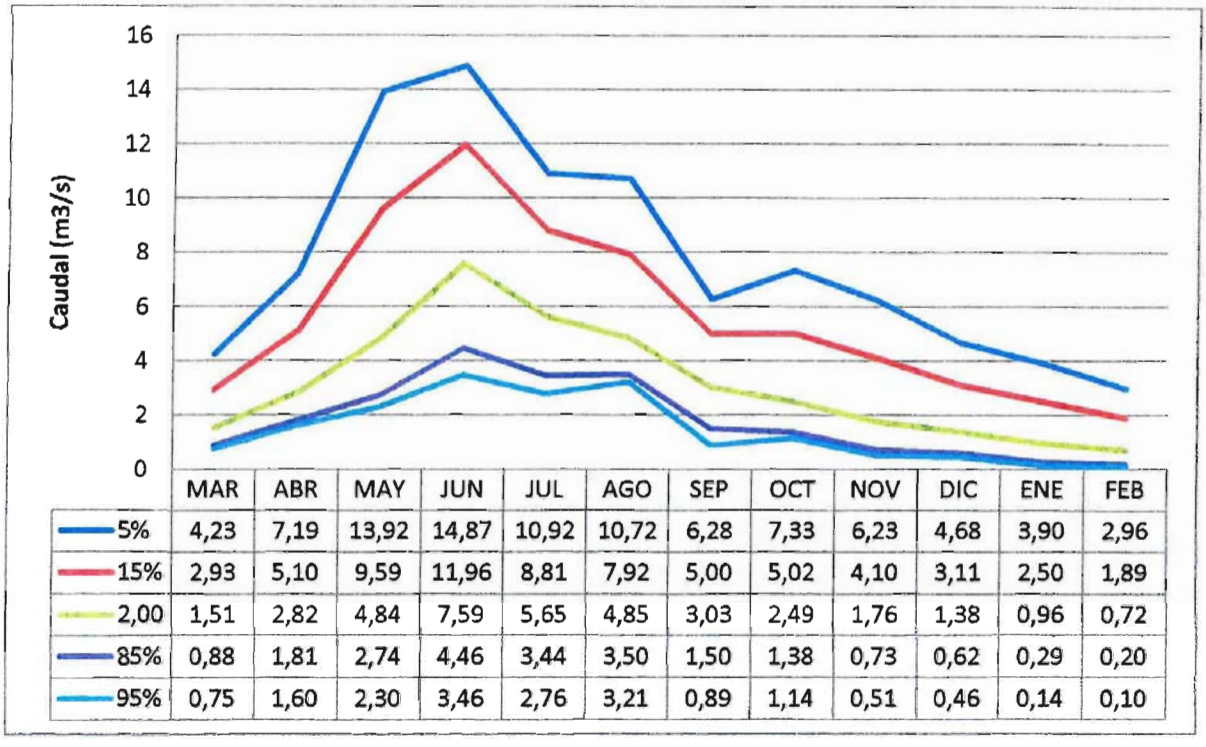
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

## FIGURA 3.4-1
## UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO CORELTUÉ**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 4,23 | 7,19 | 13,92 | 14,87 | 10,92 | 10,72 | 6,28 | 7,33 | 6,23 | 4,68 | 3,90 | 2,96 |
| 15% | 2,93 | 5,10 | 9,59 | 11,96 | 8,81 | 7,92 | 5,00 | 5,02 | 4,10 | 3,11 | 2,50 | 1,89 |
| 2,00 | 1,51 | 2,82 | 4,84 | 7,59 | 5,65 | 4,85 | 3,03 | 2,49 | 1,76 | 1,38 | 0,96 | 0,72 |
| 85% | 0,88 | 1,81 | 2,74 | 4,46 | 3,44 | 3,50 | 1,50 | 1,38 | 0,73 | 0,62 | 0,29 | 0,20 |
| 95% | 0,75 | 1,60 | 2,30 | 3,46 | 2,76 | 3,21 | 0,89 | 1,14 | 0,51 | 0,46 | 0,14 | 0,10 |

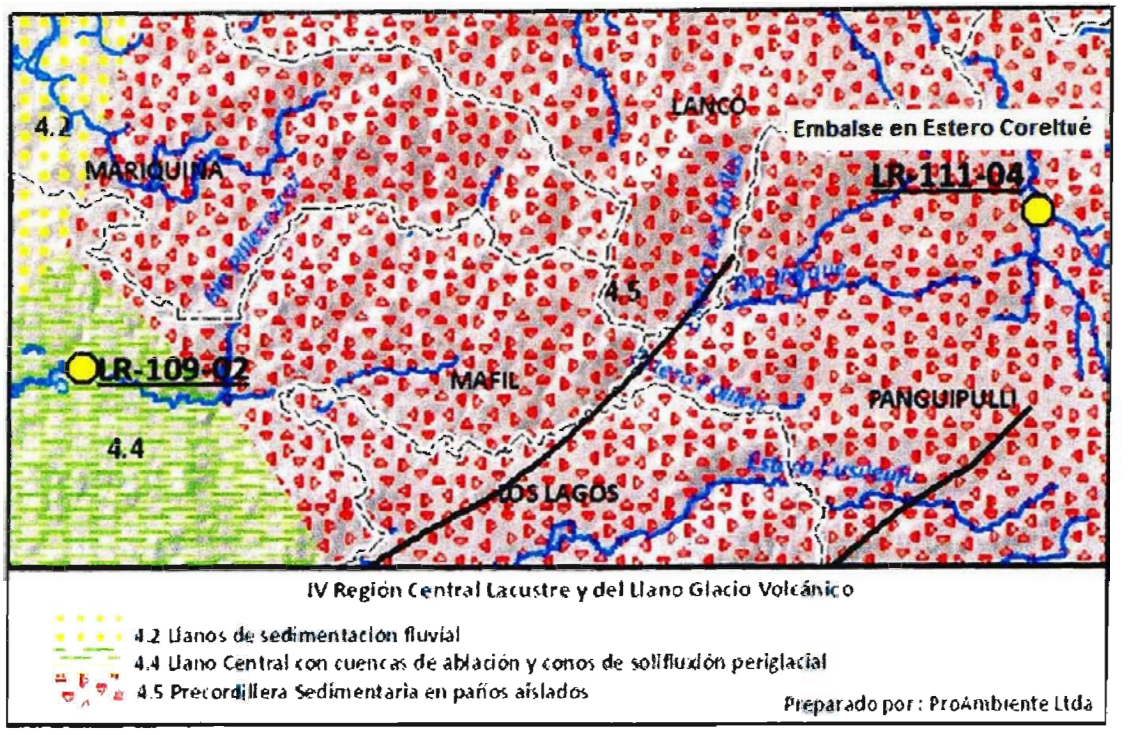
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### 3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

Pertenece a la unidad Precordillera sedimentaria en paños aislados (4.5). Prevalecen formas de acumulación de sedimentos cuaternarios de origen fluvial, glacial y volcánico. La cobertura sedimentaria conforma conos de gran envergadura y potencia con procesos erosivos lineales causados por el escurrimiento de quebradas y arroyos que exponen taludes subverticales. Sistema estructural de fallas regionales de dirección N60E.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

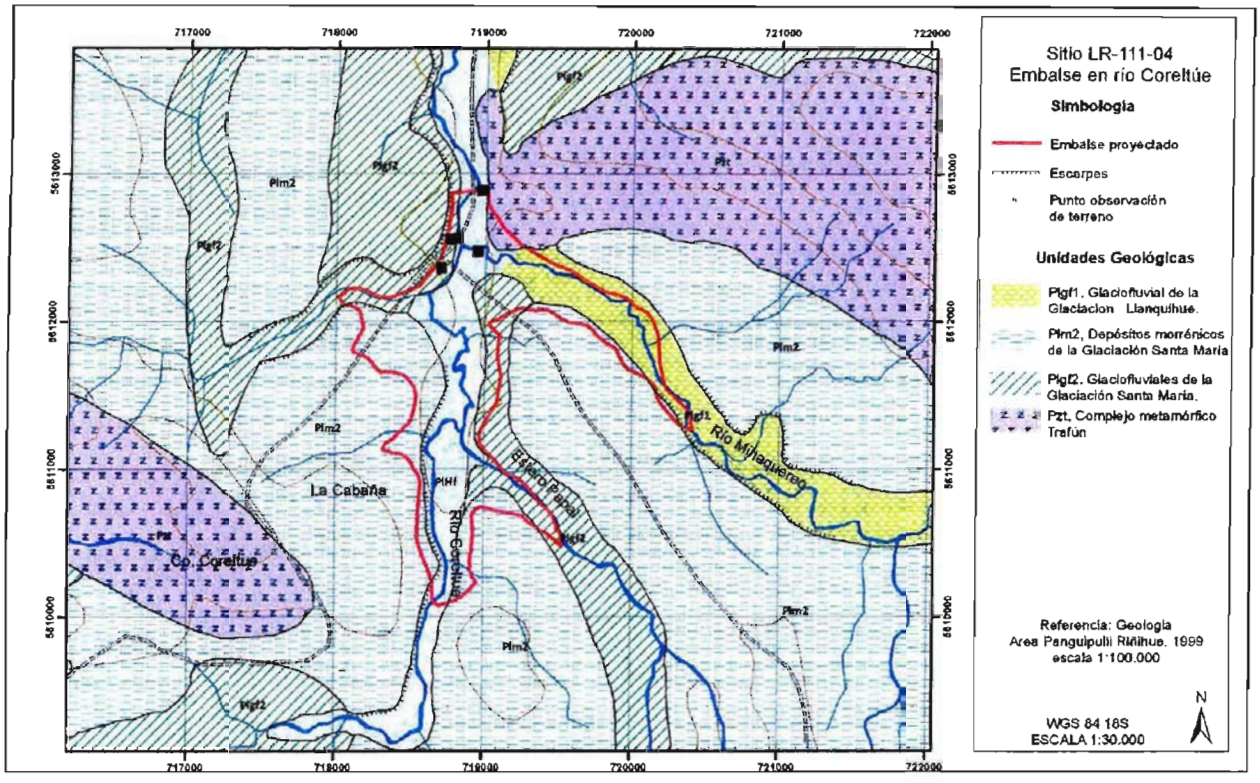



**Fuente:** Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

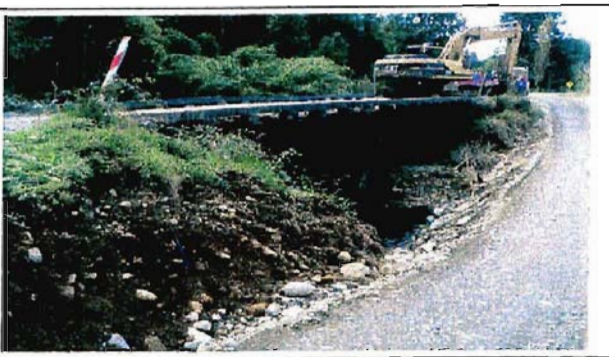
Se emplaza en la unidad fluvial del Pleistoceno superior – Holoceno (PlHf) consistente en mezcla de gravas y arenas de moderada selección, subredondeadas, de clastos sanos de hasta 20 cm diámetro que conforman la actual llanura de inundación y terrazas parcialmente erodadas de 1 a 10 m de altura sobre los actuales cursos. Hacia el W y SWen cotas más elevadas se reconocen depósitos morrénicos (Plm2) del Pleistoceno medio asignadas a la Glaciación Santa María. Consisten en diamictos macizos de gravas, arenas y finos oxidados de mala selección y en general de baja permeabilidad. Hacia el NW y SE el río Coreltue y Estero Papal respectivamente dejan expuestos los materiales glaciofluvialesde la unidad (Plgf2) consistentes en gravas de buena a moderada selección con lentes de arenas y limos oxidados de colores pardo anaranjados. La cubierta sedimentaria se dispone sobre un basamento de rocas metamórficas paleozoicas- esquistos-(Pzt)próximos a ladera derecha en la zona del muro. Se presentan con sectores deleznables y fracturados según sistema N 50 E. 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

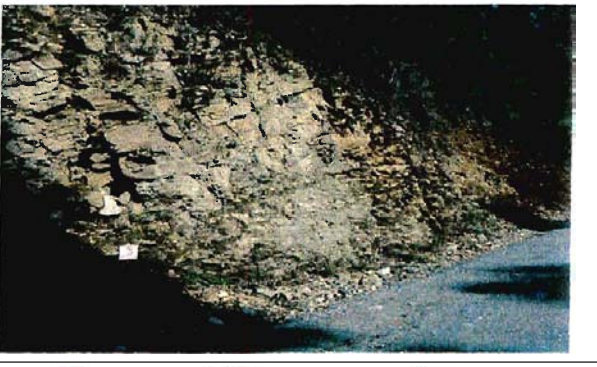
## FIGURA 3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Depósito fluvial(PlHf) de gravas y arenas y puente en construcción sector estero Papal con Minaqueo. Lomajes morrénicos degravas podridas (Plm2) pardo anaranjadas, blandas excavables mecánicamente. |  |
| | |
| | |

## FIGURA 3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Sector Chagnal (fuera del área del sitio) empréstito enterraza fluvio glacial. Gravas homogéneascon arenas y limos grises, compacidad media altaexcavables mecánicamente.Depósitos de gravas y cubierta piroclástica oxidada. | |
| | |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Fundo La Cabrería, sector próximo a muro embalse. Afloramiento de rocas metamórficas: lomaje apoyo nortede muro extenso y bajo |  |
| Infraestructura puente y LTE | |

**Fuente:**Proambiente (2012)

### 3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Heterogeneidad de parámetros geotécnicos derivados de la diversidad de unidades de suelo y rocas. Existe basamento de rocas metamórficas que aflora en sector norte, sin continuidad aparente hacia el sector sur del muro. Existe fuente de empréstitos próximos. Amplitud de muro y heterogeneidad de apoyo no hacen atractiva esta alternativa

## 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 1LR, 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 4.000,0 ha, dentro de una envolvente de 525,2 ha.

## CUADRO 3.6.1-1
## USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 0.9 | 48.9 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0.8 | 42.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.2 | 9.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **1.8** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 11.3 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 963.4 | 25.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 15.1 | 0.4 |
| Cereales y barbecho | 34.0 | 0.9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 2,735.4 | 72.4 |
| Forrajeras anuales | 18.9 | 0.5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **3,778.2** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 1.8 | 0.0 |
| Subtotal Secano | 3,778.2 | 87.8 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 525.2 | 12.2 |
| **TOTAL** | **4,305.2** | **100.0** |

**Fuente:**Ver Anexo C

### 3.6.2 Situación Futurao 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 la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 4.000 ha.

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

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 390 ha con un embalse de tamaño 3,7 hm³.
- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 3,7; 16,4 y 25,1 hm³, los que permiten el riego de 620, 2.370 y 3.780 ha, respectivamente.

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

| Ítem | Con Restricción de Derechos | | Sin Restricción de Derechos 1 | | Sin Restricción de Derechos 2 | | Sin Restricción de Derechos 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 195.0 | 50.0 | 310.0 | 50.0 | 1,185.0 | 50.0 | 1,890.0 | 50.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 148.2 | 38.0 | 235.6 | 38.0 | 900.6 | 38.0 | 1,436.4 | 38.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 46.8 | 12.0 | 74.4 | 12.0 | 284.4 | 12.0 | 453.6 | 12.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **390.0** | **100.0** | **620.0** | **100.0** | **2,370.0** | **100.0** | **3,780.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 10.2 | 0.3 | 9.5 | 0.3 | 4.2 | 0.3 | 0.0 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 864.5 | 25.5 | 805.8 | 25.5 | 359.6 | 25.5 | 0.0 | 25.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 13.6 | 0.4 | 12.6 | 0.4 | 5.6 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| Cereales y barbecho | 30.5 | 0.9 | 28.4 | 0.9 | 12.7 | 0.9 | 0.0 | 0.9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 2,454.4 | 72.4 | 2,287.8 | 72.4 | 1,020.8 | 72.4 | 0.0 | 72.4 |
| Forrajeras anuales | 16.9 | 0.5 | 15.8 | 0.5 | 7.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **3,390.0** | **100.0** | **3,160.0** | **100.0** | **1,410.0** | **100.0** | **0.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 390.0 | 9.1 | 620.0 | 14.4 | 2,370.0 | 55.0 | 3,780.0 | 87.8 |
| Subtotal Secano | 3,390.0 | 78.7 | 3,160.0 | 73.4 | 1,410.0 | 32.8 | 0.0 | 0.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 525.2 | 12.2 | 525.2 | 12.2 | 525.2 | 12.2 | 525.2 | 12.2 |
| **TOTAL** | **4,305.2** | **100.0** | **4,305.2** | **100.0** | **4,305.2** | **100.0** | 4,305.2 | **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 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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:

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

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

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

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

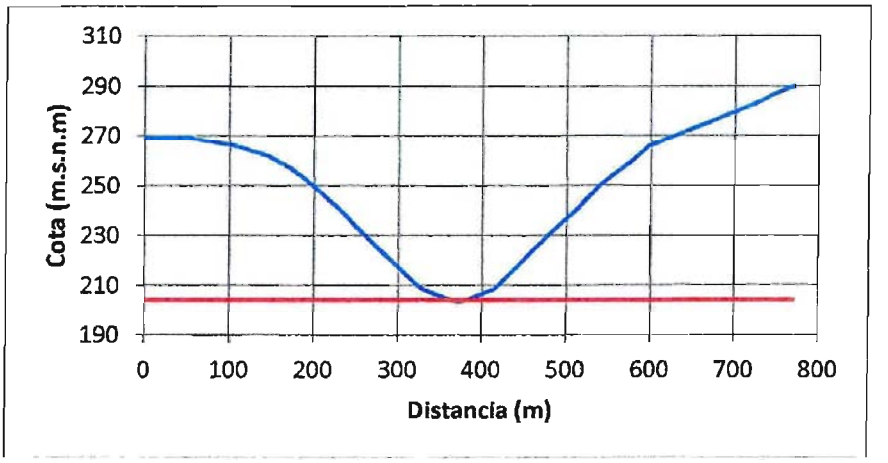
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.6.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 3,7; 16,4 y 25,1 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**



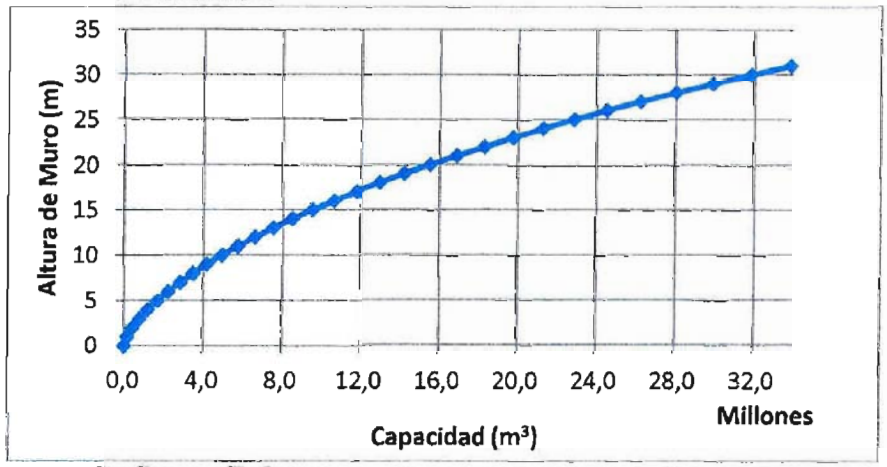

**Fuente:** Elaboración propia

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.

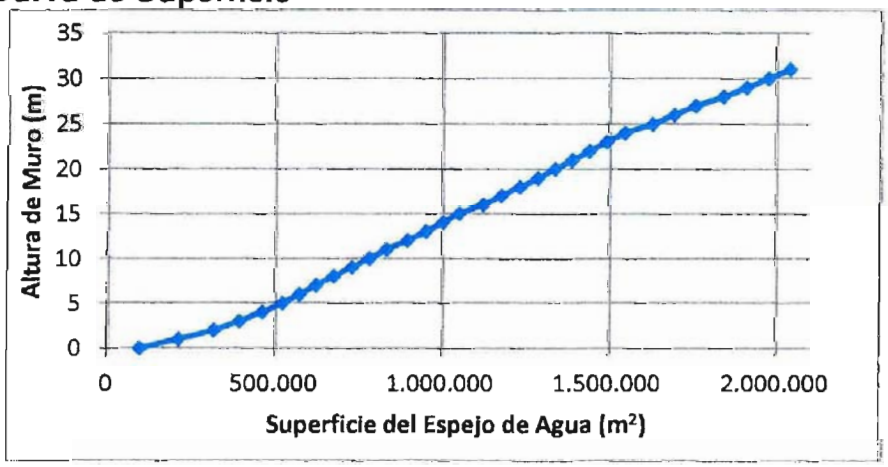
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

**FIGURA 4.1.1-2**
**CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL EMBALSE**

**a) Curva de Volumen**

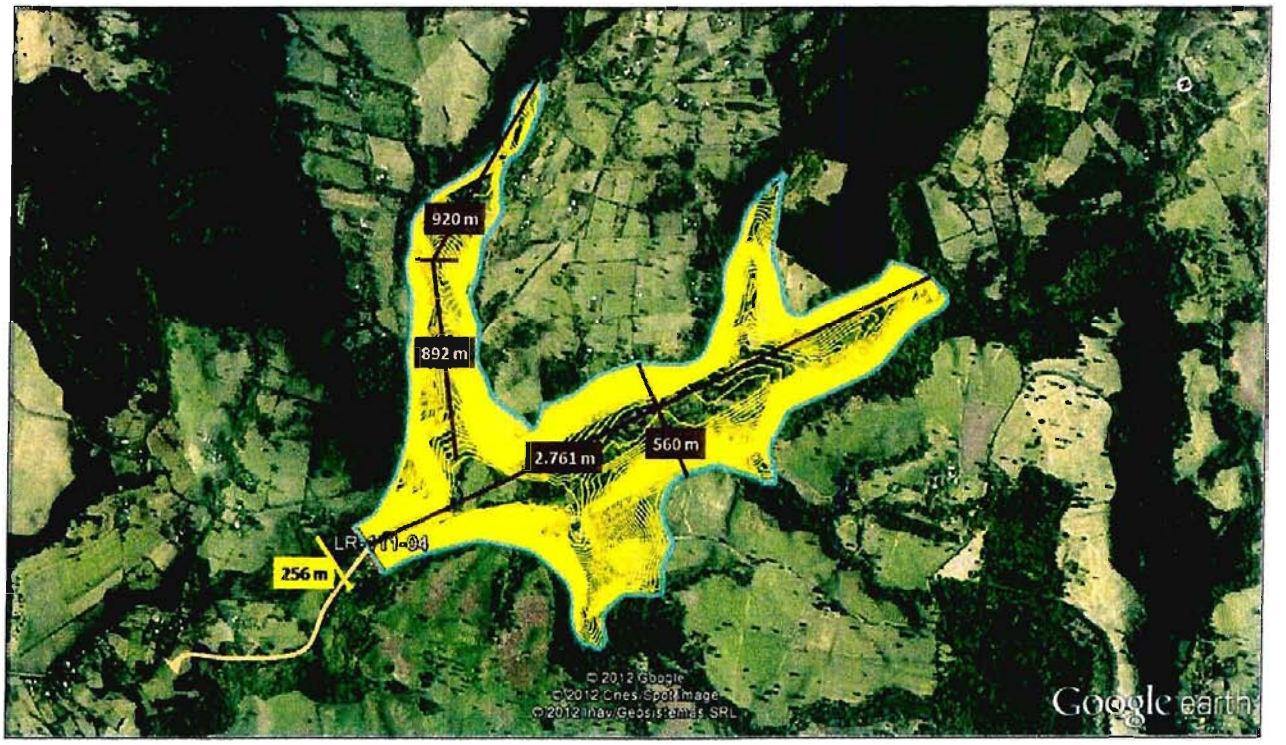



**b) Curva de Superficie**




**Fuente:** Elaboración propia

## FIGURA 4.1.1-3
## ÁREA DE INUNDACIÓN




**Fuente:** Elaboración propia a partir información Goole 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.

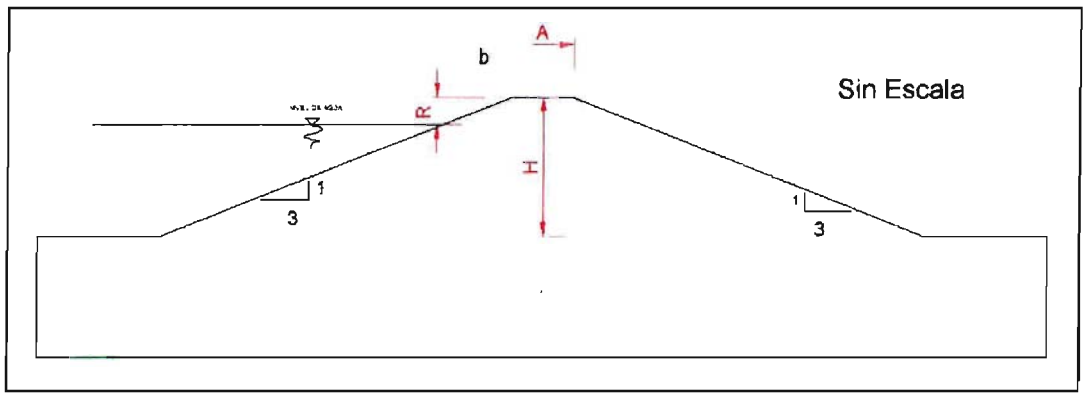
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Aguas Arriba | Aguas Abajo |
| 3,7 | 8,4 | 10,0 | 214,0 | 5,0 | 3,0 | 2,5 |
| 16,4 | 20,6 | 24,0 | 228,0 | 8,0 | 3,0 | 2,5 |
| 25,1 | 26,4 | 30,5 | 234,5 | 9,5 | 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 |
|---|---|
| 3,7 | 1,791 |
| 25,1 | 1,213 |

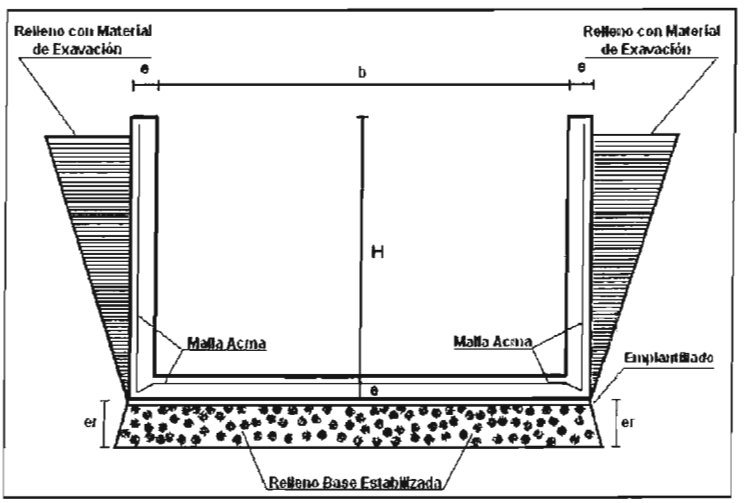
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

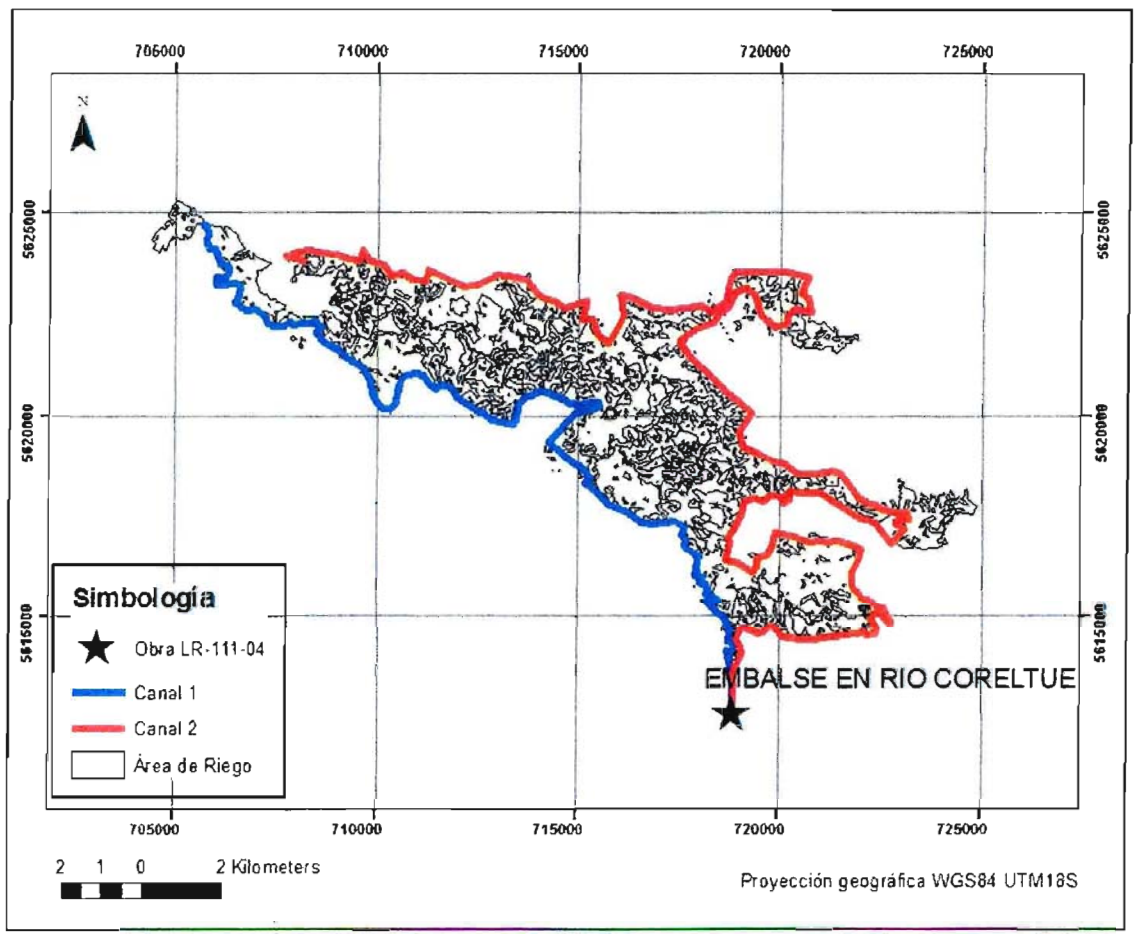
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| Alternativa | 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 | 3,7 | 390 | 4,9 | 5,6 | 0,2 | 0,6 | 0,7 | 15 | 15 |
| 2 | 3,7 | 620 | 10,6 | 5,4 | 0,3 | 0,7 | 0,8 | 15 | 15 |
| | 16,4 | 2.370 | 33,8 | 18,5 | 1,7 | 1,0 | 0,8 | 15 | 15 |
| | 25,1 | 3.780 | 50,4 | 24,2 | 1,9 | 1,2 | 1,2 | 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 5,8 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

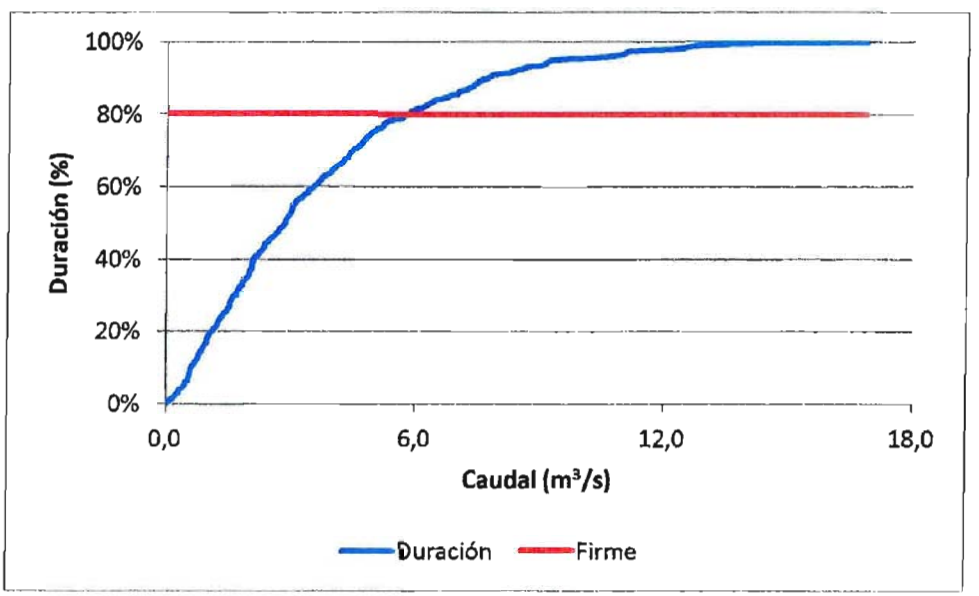
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | H Total Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,7 | 8,4 | 376 | 621,7 |
| 2 | 3,7 | 8,4 | 376 | 879,4 |
| | 16,4 | 20,6 | 923 | 1.265,2 |
| | 25,1 | 26,4 | 1.183 | 1.297,7 |

**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 = 3,7 hm³ / h= 10,0 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 8.162 | 1.500 | 1.320 | 12.242.385 | 10.773.299 |
| m³ | Excavaciones | 2.261 | 5.000 | 4.800 | 11.305.313 | 10.853.100 |
| m³ | Relleno de la presa | 25.214 | 4.000 | 3.840 | 100.856.250 | 96.822.000 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 1.397 | 50.000 | 48.000 | 69.836.500 | 67.043.040 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 3.352 | 3.500 | 3.430 | 11.732.532 | 11.497.881 |
| **Total Muro** | | | | | **205.972.980** | **196.989.320** |
| **Volumen = 16,4 hm³ / h=24,0 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 23.701 | 1.500 | 1.320 | 35.551.245 | 31.285.096 |
| m³ | Excavaciones | 9.871 | 5.000 | 4.800 | 49.356.000 | 47.381.760 |
| m³ | Relleno de la presa | 208.155 | 4.000 | 3.840 | 832.620.800 | 799.315.968 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 5.091 | 50.000 | 48.000 | 254.568.750 | 244.386.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 12.219 | 3.500 | 3.430 | 42.767.550 | 41.912.199 |
| **Total Muro** | | | | | **1.214.864.345** | **1.164.281.023** |
| **Volumen = 25,1 hm³ / h=30,5 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 33.475 | 1.500 | 1.320 | 50.212.110 | 44.186.657 |
| m³ | Excavaciones | 16.846 | 5.000 | 4.800 | 84.230.325 | 80.861.112 |
| m³ | Relleno de la presa | 380.427 | 4.000 | 3.840 | 1.521.708.260 | 1.460.839.930 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 7.422 | 50.000 | 48.000 | 371.109.500 | 356.265.120 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 17.813 | 3.500 | 3.430 | 62.346.396 | 61.099.468 |
| **Total Muro** | | | | | **2.089.606.591** | **2.003.252.286** |

| | |
|---|---|
| 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

| Alternativa 1 / Volumen = 3,7 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.117 | 12.594 | 11.335 | 14.067.498 | 12.660.748 |
| m³ | Hormigón H-30 | 3.386 | 99.523 | 94.547 | 337.009.759 | 320.159.271 |
| m² | Malla Acma C-295 | 22.575 | 7.877 | 7.719 | 177.823.275 | 174.266.810 |
| m² | Moldajes 3 usos | 10.850 | 8.834 | 7.951 | 95.848.900 | 86.264.010 |
| m² | Aplicación Antisol | 6.300 | 255 | 230 | 1.606.500 | 1.445.850 |
| m | Juntas de dilatación | 4.200 | 5.994 | 5.395 | 25.174.800 | 22.657.320 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **651.530.732** | **617.454.009** |
| **Alternativa 2 / Volumen = 3,7 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.966 | 12.594 | 11.335 | 24.759.804 | 22.283.824 |
| m³ | Hormigón H-30 | 5.880 | 99.523 | 94.547 | 585.195.240 | 555.935.478 |
| m² | Malla Acma C-295 | 39.200 | 7.877 | 7.719 | 308.778.400 | 302.602.832 |
| m² | Moldajes 3 usos | 18.667 | 8.834 | 7.951 | 164.901.333 | 148.411.200 |
| m² | Aplicación Antisol | 11.200 | 255 | 230 | 2.856.000 | 2.570.400 |
| m | Juntas de dilatación | 7.360 | 5.994 | 5.395 | 44.115.840 | 39.704.256 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.130.606.617** | **1.071.507.990** |
| **Alternativa 2 / Volumen = 16,4 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 9.017 | 12.594 | 11.335 | 113.560.098 | 102.204.088 |
| m³ | Hormigón H-30 | 21.574 | 99.523 | 94.547 | 2.147.084.321 | 2.039.730.105 |
| m² | Malla Acma C-295 | 143.825 | 7.877 | 7.719 | 1.132.909.525 | 1.110.251.335 |
| m² | Moldajes 3 usos | 61.017 | 8.834 | 7.951 | 539.021.233 | 485.119.110 |
| m² | Aplicación Antisol | 52.300 | 255 | 230 | 13.336.500 | 12.002.850 |
| m | Juntas de dilatación | 27.196 | 5.994 | 5.395 | 163.012.824 | 146.711.542 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **4.108.924.502** | **3.896.019.029** |
| **Alternativa 2 / Volumen = 25,1 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 15.324 | 12.594 | 11.335 | 192.990.456 | 173.691.410 |
| m³ | Hormigón H-30 | 41.963 | 99.523 | 94.547 | 4.176.233.888 | 3.967.422.193 |
| m² | Malla Acma C-295 | 279.750 | 7.877 | 7.719 | 2.203.590.750 | 2.159.518.935 |
| m² | Moldajes 3 usos | 126.820 | 8.834 | 7.951 | 1.120.327.880 | 1.008.295.092 |
| m² | Aplicación Antisol | 89.520 | 255 | 230 | 22.827.600 | 20.544.840 |
| m | Juntas de dilatación | 53.712 | 5.994 | 5.395 | 321.949.728 | 289.754.755 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **8.037.920.302** | **7.619.227.226** |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,7 | 376,0 | 908.810.800 | 40.227 | 1.880.000 |
| 2 | 3,7 | 376,0 | 908.810.800 | 40.227 | 1.880.000 |
| | 16,4 | 923,0 | 2.230.937.150 | 98.748 | 4.615.000 |
| | 25,1 | 1183,0 | 2.859.370.150 | 126.564 | 5.915.000 |

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 ($) |
|---|---|---|---|
| **Muro** | 3,7 | 76,6 | 346.112.657 |
| **Muro 1** | 3,7 | 76,6 | 346.112.657 |
| **Muro 2** | 16,4 | 152,6 | 689.514.249 |
| **Muro 3** | 25,1 | 188,8 | 853.081.850 |

**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 = 3,7 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 205.972.980 | 196.989.320 |
| **Obra de Desvío** | 20.597.298 | 19.698.932 |
| **Obra de Toma** | 10.298.649 | 9.849.466 |
| **Vertedero** | 72.090.543 | 68.946.262 |
| **Sistema de Distribución** | 651.530.732 | 617.454.009 |
| **Caminos de Acceso** | 20.597.298 | 19.698.932 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **991.087.499** | **942.636.921** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **594.652.499** | **565.582.152** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 908.810.800 | 908.810.800 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **908.810.800** | **908.810.800** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **318.083.780** | **318.083.780** |
| **EXPROPIACIONES** | **346.112.657** | **346.112.657** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **3.158.747.235** | **3.081.226.310** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **139.822** | **136.390** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **6.534.303** | **6.373.940** |

| Alternativa 2: Volumen = 3,7 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 205.972.980 | 196.989.320 |
| **Obra de Desvío** | 20.597.298 | 19.698.932 |
| **Obra de Toma** | 10.298.649 | 9.849.466 |
| **Vertedero** | 72.090.543 | 68.946.262 |
| **Sistema de Distribución** | 1.130.606.617 | 1.071.507.990 |
| **Caminos de Acceso** | 20.597.298 | 19.698.932 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.470.163.385** | **1.396.690.902** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **882.098.031** | **838.014.541** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 908.810.800 | 908.810.800 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **908.810.800** | **908.810.800** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **318.083.780** | **318.083.780** |
| **EXPROPIACIONES** | **346.112.657** | **346.112.657** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **3.925.268.652** | **3.807.712.680** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **173.752** | **168.548** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **8.119.957** | **7.876.777** |

| Alternativa 2: Volumen = 16,4 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 1.214.864.345 | 1.164.281.023 |

## CUADRO 5.5-1
## RESUMEN DE COSTOS

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 121.486.435 | 116.428.102 |
| **Obra de Toma** | 60.743.217 | 58.214.051 |
| **Vertedero** | 425.202.521 | 407.498.358 |
| **Sistema de Distribución** | 4.108.924.502 | 3.896.019.029 |
| **Caminos de Acceso** | 121.486.435 | 116.428.102 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **6.062.707.454** | **5.768.868.666** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.637.624.472** | **3.461.321.199** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 2.230.937.150 | 2.230.937.150 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.230.937.150** | **2.230.937.150** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **780.828.003** | **780.828.003** |
| **EXPROPIACIONES** | **689.514.249** | **689.514.249** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **13.401.611.327** | **12.931.469.267** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **593.222** | **572.412** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **27.723.074** | **26.750.521** |

**Alternativa 2: Volumen = 25,1 $hm^3$**

| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
|---|---|---|
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 2.089.606.591 | 2.003.252.286 |
| **Obra de Desvío** | 208.960.659 | 200.325.229 |
| **Obra de Toma** | 104.480.330 | 100.162.614 |
| **Vertedero** | 731.362.307 | 701.138.300 |
| **Sistema de Distribución** | 8.037.920.302 | 7.619.227.226 |
| **Caminos de Acceso** | 208.960.659 | 200.325.229 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **11.391.290.847** | **10.834.430.884** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **6.834.774.508** | **6.500.658.530** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 2.859.370.150 | 2.859.370.150 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.859.370.150** | **2.859.370.150** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **1.000.779.553** | **1.000.779.553** |
| **EXPROPIACIONES** | **853.081.850** | **853.081.850** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **22.939.296.908** | **22.048.320.967** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **1.015.408** | **975.969** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **47.453.087** | **45.609.981** |

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 | 299.103.077 | 299.103.077 | 0 | 299.103.077 | 0 | 299.103.077 | 0 | 299.103.077 | 0 |
| 1 | 299.849.534 | -525.822.502 | -825.672.036 | -679.747.051 | -979.596.585 | -1.850.912.099 | -2.150.761.633 | -2.794.536.508 | -3.094.386.043 |
| 2 | 299.849.534 | -624.882.363 | -924.731.897 | -837.494.999 | -1.137.344.533 | -2.455.199.836 | -2.755.049.370 | -3.758.607.733 | -4.058.457.267 |
| 3 | 299.849.534 | -858.550.131 | -1.158.399.665 | -1.209.602.146 | -1.509.451.680 | -3.880.650.084 | -4.180.499.618 | -6.032.751.565 | -6.332.601.099 |
| 4 | 299.849.534 | -481.262.166 | -781.111.700 | -608.809.634 | -908.659.168 | -1.579.279.499 | -1.879.129.033 | -2.361.200.933 | -2.661.050.468 |
| 5 | 299.849.534 | -484.209.813 | -784.059.347 | -557.798.322 | -857.647.857 | -1.117.710.893 | -1.417.560.428 | -1.568.840.451 | -1.868.689.985 |
| 6 | 284.029.424 | -389.468.247 | -673.497.671 | -236.714.349 | -520.743.773 | 925.543.573 | 641.514.149 | 1.861.991.384 | 1.577.961.961 |
| 7 | 292.692.535 | 584.989.779 | 292.297.244 | 919.777.364 | 627.084.829 | 3.467.074.208 | 3.174.381.672 | 5.519.467.664 | 5.226.775.129 |
| 8 | 292.233.264 | 873.985.212 | 581.751.947 | 1.380.153.028 | 1.087.919.764 | 5.231.429.894 | 4.939.196.629 | 8.334.458.682 | 8.042.225.418 |
| 9 | 293.286.226 | 1.064.682.003 | 771.395.777 | 1.683.136.784 | 1.389.850.558 | 6.388.770.984 | 6.095.484.758 | 10.180.167.683 | 9.886.881.457 |
| 10 | 294.938.445 | 1.254.416.486 | 959.478.041 | 1.983.495.188 | 1.688.556.743 | 7.530.833.141 | 7.235.894.696 | 12.000.402.578 | 11.705.464.133 |
| 11 | 297.600.022 | 1.360.309.683 | 1.062.709.661 | 2.150.196.002 | 1.852.595.980 | 8.160.200.603 | 7.862.600.581 | 13.002.547.168 | 12.704.947.146 |
| 12 | 298.143.147 | 1.360.974.478 | 1.062.831.331 | 2.150.860.797 | 1.852.717.650 | 8.160.865.399 | 7.862.722.251 | 13.003.211.963 | 12.705.068.816 |
| 13 | 299.103.077 | 1.362.109.997 | 1.063.006.920 | 2.151.996.316 | 1.852.893.239 | 8.162.000.917 | 7.862.897.840 | 13.004.347.482 | 12.705.244.405 |
| 14 | 299.849.534 | 905.562.445 | 605.712.911 | 1.424.429.667 | 1.124.580.133 | 5.372.332.448 | 5.072.482.914 | 8.553.214.117 | 8.253.364.583 |
| 15 | 299.849.534 | 377.494.940 | 77.645.405 | 583.525.640 | 283.676.106 | 2.151.150.536 | 1.851.301.002 | 3.414.208.310 | 3.114.358.776 |
| 16 | 299.849.534 | -538.028.842 | -837.878.376 | -874.370.608 | -1.174.220.142 | -3.433.492.744 | -3.733.342.278 | -5.495.414.008 | -5.795.263.542 |
| 17 | 293.370.697 | -118.129.438 | -411.500.135 | -201.000.527 | -494.371.224 | -831.541.421 | -1.124.912.118 | -1.339.577.227 | -1.632.947.924 |
| 18 | 298.268.974 | -3.977.051 | -302.246.025 | -22.124.104 | -320.393.078 | -160.199.511 | -458.468.485 | -271.448.839 | -569.717.813 |
| 19 | 288.838.838 | 273.548.607 | -15.290.231 | 426.009.729 | 137.170.892 | 1.586.040.010 | 1.297.201.172 | 2.520.692.979 | 2.231.854.141 |
| 20 | 292.734.628 | 585.027.547 | 292.292.919 | 919.812.570 | 627.077.942 | 3.467.089.916 | 3.174.355.288 | 5.519.467.664 | 5.226.733.036 |
| 21 | 292.790.097 | 875.483.106 | 582.693.009 | 1.381.549.296 | 1.088.759.199 | 5.232.052.912 | 4.939.262.815 | 8.334.458.682 | 8.041.668.585 |
| 22 | 294.824.694 | 1.067.390.097 | 772.565.403 | 1.685.661.142 | 1.390.836.449 | 6.389.897.359 | 6.095.072.666 | 10.180.167.683 | 9.885.342.989 |
| 23 | 296.051.036 | 1.255.744.185 | 959.693.149 | 1.984.732.808 | 1.688.681.772 | 7.531.385.370 | 7.235.334.334 | 12.000.402.578 | 11.704.351.542 |
| 24 | 297.600.022 | 1.360.309.683 | 1.062.709.661 | 2.150.196.002 | 1.852.595.980 | 8.160.200.603 | 7.862.600.581 | 13.002.547.168 | 12.704.947.146 |
| 25 | 298.143.147 | 1.360.974.478 | 1.062.831.331 | 2.150.860.797 | 1.852.717.650 | 8.160.865.399 | 7.862.722.251 | 13.003.211.963 | 12.705.068.816 |
| 26 | 299.103.077 | 1.362.109.997 | 1.063.006.920 | 2.151.996.316 | 1.852.893.239 | 8.162.000.917 | 7.862.897.840 | 13.004.347.482 | 12.705.244.405 |
| 27 | 299.849.534 | 905.562.445 | 605.712.911 | 1.424.429.667 | 1.124.580.133 | 5.372.332.448 | 5.072.482.914 | 8.553.214.117 | 8.253.364.583 |
| 28 | 293.370.697 | 370.354.086 | 76.983.389 | 576.869.269 | 283.498.573 | 2.148.180.447 | 1.854.809.750 | 3.414.208.310 | 3.120.837.613 |
| 29 | 298.268.974 | -540.774.703 | -839.043.677 | -876.930.172 | -1.175.199.146 | -3.434.634.828 | -3.732.903.802 | -5.495.414.008 | -5.793.682.982 |
| 30 | 298.180.111 | -113.814.179 | -411.994.290 | -196.978.044 | -495.158.154 | -829.746.579 | -1.127.926.689 | -1.339.577.227 | -1.637.757.338 |

**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 | 404.490.352 | 404.490.352 | 0 | 404.490.352 | 0 | 404.490.352 | 0 | 404.490.352 | 0 |
| 1 | 405.461.032 | -404.507.274 | -809.968.306 | -558.066.584 | -963.527.617 | -1.726.452.644 | -2.131.913.676 | -2.667.837.983 | -3.073.299.015 |
| 2 | 405.461.032 | -493.329.529 | -898.790.561 | -700.193.159 | -1.105.654.192 | -2.274.155.566 | -2.679.616.598 | -3.542.319.562 | -3.947.780.594 |
| 3 | 405.461.032 | -701.752.338 | -1.107.213.371 | -1.032.101.922 | -1.437.562.955 | -3.545.631.366 | -3.951.092.398 | -5.570.817.946 | -5.976.278.978 |
| 4 | 405.461.032 | -314.891.307 | -720.352.339 | -416.065.090 | -821.526.123 | -1.185.865.619 | -1.591.326.651 | -1.806.104.902 | -2.211.565.935 |
| 5 | 405.461.032 | -270.756.017 | -676.217.050 | -290.078.078 | -695.539.111 | -437.093.761 | -842.554.793 | -555.546.397 | -961.007.429 |
| 6 | 388.851.372 | -112.735.081 | -501.586.453 | 120.913.805 | -267.937.567 | 1.898.677.064 | 1.509.825.693 | 3.331.046.319 | 2.942.194.948 |
| 7 | 396.647.064 | 872.289.251 | 475.642.187 | 1.310.620.079 | 913.973.015 | 4.645.745.949 | 4.249.098.885 | 7.332.904.508 | 6.936.257.443 |
| 8 | 396.437.144 | 1.201.707.230 | 805.270.085 | 1.830.675.005 | 1.434.237.860 | 6.616.299.381 | 6.219.862.236 | 10.472.145.306 | 10.075.708.162 |
| 9 | 397.923.306 | 1.426.732.724 | 1.028.809.418 | 2.189.041.421 | 1.791.118.115 | 7.989.216.287 | 7.591.292.981 | 12.662.500.036 | 12.264.576.730 |
| 10 | 399.833.832 | 1.647.153.868 | 1.247.320.036 | 2.539.108.490 | 2.139.274.658 | 9.325.719.744 | 8.925.885.913 | 14.793.789.383 | 14.393.955.552 |
| 11 | 402.675.356 | 1.776.816.398 | 1.374.141.042 | 2.743.643.843 | 2.340.968.488 | 10.099.939.622 | 9.697.264.267 | 16.027.012.222 | 15.624.336.866 |
| 12 | 403.363.600 | 1.780.159.560 | 1.376.795.960 | 2.746.890.519 | 2.343.526.919 | 10.102.452.167 | 9.699.088.567 | 16.028.933.266 | 15.625.569.666 |
| 13 | 404.490.352 | 1.780.963.829 | 1.376.473.477 | 2.747.694.789 | 2.343.204.437 | 10.103.256.437 | 9.698.766.084 | 16.029.737.536 | 15.625.247.183 |
| 14 | 405.461.032 | 1.273.193.611 | 867.732.579 | 1.938.344.572 | 1.532.883.539 | 6.999.275.794 | 6.593.814.762 | 11.076.940.379 | 10.671.479.346 |
| 15 | 405.461.032 | 662.995.235 | 257.534.202 | 965.974.003 | 560.512.970 | 3.271.247.238 | 2.865.786.206 | 5.128.638.816 | 4.723.177.784 |
| 16 | 405.461.032 | -381.231.049 | -786.692.081 | -696.870.385 | -1.102.331.417 | -3.098.474.026 | -3.503.935.058 | -5.033.480.389 | -5.438.941.421 |
| 17 | 399.407.390 | 55.382.274 | -344.025.116 | -1.599.613 | -401.007.003 | -435.157.452 | -834.564.842 | -784.481.196 | -1.183.888.586 |
| 18 | 403.578.660 | 205.368.843 | -198.209.817 | 241.766.945 | -161.811.715 | 518.709.024 | 115.130.364 | 741.845.214 | 338.266.554 |
| 19 | 392.967.547 | 542.855.433 | 149.887.886 | 776.715.395 | 383.747.848 | 2.556.084.670 | 2.163.117.123 | 3.989.747.914 | 3.596.780.367 |
| 20 | 396.903.902 | 875.982.500 | 479.078.598 | 1.314.062.754 | 917.158.852 | 4.647.282.080 | 4.250.378.178 | 7.332.904.508 | 6.936.000.606 |
| 21 | 397.237.708 | 1.201.937.678 | 804.699.970 | 1.830.889.818 | 1.433.652.110 | 6.616.395.231 | 6.219.157.523 | 10.472.145.306 | 10.074.907.598 |
| 22 | 399.548.840 | 1.428.471.122 | 1.028.922.282 | 2.190.661.874 | 1.791.113.034 | 7.989.939.337 | 7.590.390.497 | 12.662.500.036 | 12.262.951.195 |
| 23 | 400.970.735 | 1.650.034.501 | 1.249.063.765 | 2.541.793.681 | 2.140.822.946 | 9.326.917.884 | 8.925.947.148 | 14.793.789.383 | 14.392.818.648 |
| 24 | 402.675.356 | 1.778.238.515 | 1.375.563.160 | 2.744.969.475 | 2.342.294.119 | 10.100.531.122 | 9.697.855.767 | 16.027.012.222 | 15.624.336.866 |
| 25 | 403.363.600 | 1.780.159.560 | 1.376.795.960 | 2.746.890.519 | 2.343.526.919 | 10.102.452.167 | 9.699.088.567 | 16.028.933.266 | 15.625.569.666 |
| 26 | 404.490.352 | 1.780.963.829 | 1.376.473.477 | 2.747.694.789 | 2.343.204.437 | 10.103.256.437 | 9.698.766.084 | 16.029.737.536 | 15.625.247.183 |
| 27 | 405.461.032 | 1.273.193.611 | 867.732.579 | 1.938.344.572 | 1.532.883.539 | 6.999.275.794 | 6.593.814.762 | 11.076.940.379 | 10.671.479.346 |
| 28 | 399.407.390 | 662.995.235 | 263.587.845 | 965.974.003 | 566.566.613 | 3.271.247.238 | 2.871.839.848 | 5.128.638.816 | 4.729.231.426 |
| 29 | 403.578.660 | -388.084.813 | -791.663.473 | -703.259.144 | -1.106.837.804 | -3.101.324.707 | -3.504.903.367 | -5.033.480.389 | -5.437.059.049 |
| 30 | 403.523.565 | 52.271.193 | -351.252.371 | -4.499.618 | -408.023.182 | -436.451.441 | -839.975.006 | -784.481.196 | -1.188.004.761 |

**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 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 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Privado | Social | Privado | Social |
| 1 | 3,0 | 543.290.828 | 520.292.660 | 1.042.449.171 | 987.926.414 |
| 2 | 3,0 | 543.290.828 | 520.292.660 | 1.808.970.588 | 1.714.412.783 |
| | 3,6 | 3.126.052.723 | 2.996.559.418 | 6.574.279.203 | 6.233.630.447 |
| | 4,2 | 5.365.392.873 | 5.144.325.853 | 12.860.672.482 | 12.190.763.561 |

**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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 3,7 | 376,0 | 1.226.894.580 |
| 2 | 3,7 | 376,0 | 1.226.894.580 |
| | 16,4 | 923,0 | 3.011.765.153 |
| | 25,1 | 1183,0 | 3.860.149.703 |

**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 último, para el caso con generación hidroeléctrica, el proyecto no es rentable a precios privados, en cambio es rentable socialmente sólo para el caso en el que no se considera la restricción de derechos de agua. La evaluación se presenta en el Anexo E.

**CUADRO 6.5-1**
**RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Sin Hidrogeneración | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 3,7 | -3.621,5 | -2,28 | 2,3% | 161,4 | 0,11 | 6,2% |
| 2 | 3,7 | -3.215,8 | -1,37 | 6,1% | 3.788,7 | 1,70 | 9,8% |
| | 16,4 | -2.159,2 | -0,22 | 10,9% | 29.322,0 | 3,18 | 14,3% |
| | 25,1 | -4.093,5 | -0,22 | 10,7% | 47.111,3 | 2,72 | 14,0% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | | |
| Alternativa | Volumen (hm3) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 3,7 | -4.712,3 | -1,68 | 1,5% | -809,4 | -0,30 | 5,0% |
| 2 | 3,7 | -4.213,5 | -1,18 | 5,3% | 2.977,1 | 0,86 | 8,6% |
| | 16,4 | -4.931,3 | -0,39 | 9,7% | 26.777,5 | 2,19 | 12,9% |
| | 25,1 | -7.763,6 | -0,35 | 9,8% | 43.649,8 | 2,06 | 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 25,1$hm^3$, 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 3.780 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, que a nivel de perfil es tan interesante como el proyecto de riego, por lo que se requiere un análisis de mayor profundidad.

# 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 CORELTUÉ
# 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 1LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 48,9 | 50,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 42,0 | 38,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 9,1 | 12,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 25,5 | 25,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,4 | 0,4 |
| Cereales y barbecho | 0,9 | 0,9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 72,4 | 72,4 |
| Forrajeras anuales | 0,5 | 0,5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 67,0 | 39,0 | 29,0 | 35,0 | 56,0 | 62,0 | 107,0 | 104,0 | 189,0 | 183,0 | 171,0 | 99,0 | 1.141,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,8 | 34,1 | 85,6 | 109,2 | 198,5 | 142,7 | 85,5 | 0,0 | 672,4 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 63,7 | 37,1 | 27,6 | 33,3 | 53,2 | 58,9 | 101,7 | 98,8 | 179,6 | 173,9 | 162,5 | 94,1 | 1.084,4 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,6 | 44,9 | 104,0 | 211,7 | 179,3 | 126,5 | 0,0 | 690,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95,0 | 115,0 | 101,0 | 115,0 | 132,0 | 109,0 | 129,0 | 73,0 | 67,0 | 12,0 | 108,0 | 120,0 | 1.176,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 36,2 | 131,5 | 130,7 | 0,0 | 0,0 | 298,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,8 | 112,6 | 161,9 | 54,5 | 0,0 | 354,8 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 144,7 | 167,3 | 18,5 | 0,0 | 361,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 402,0 | 1.461,0 | 1.452,0 | 0,0 | 0,0 | 3.315,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 344,0 | 1.501,0 | 2.159,0 | 727,0 | 0,0 | 4.731,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 689,0 | 3.216,0 | 3.718,0 | 411,0 | 0,0 | 8.034,0 |

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

**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 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |

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

# 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 | -64.036 |
| | | **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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 CORELTUÉ
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

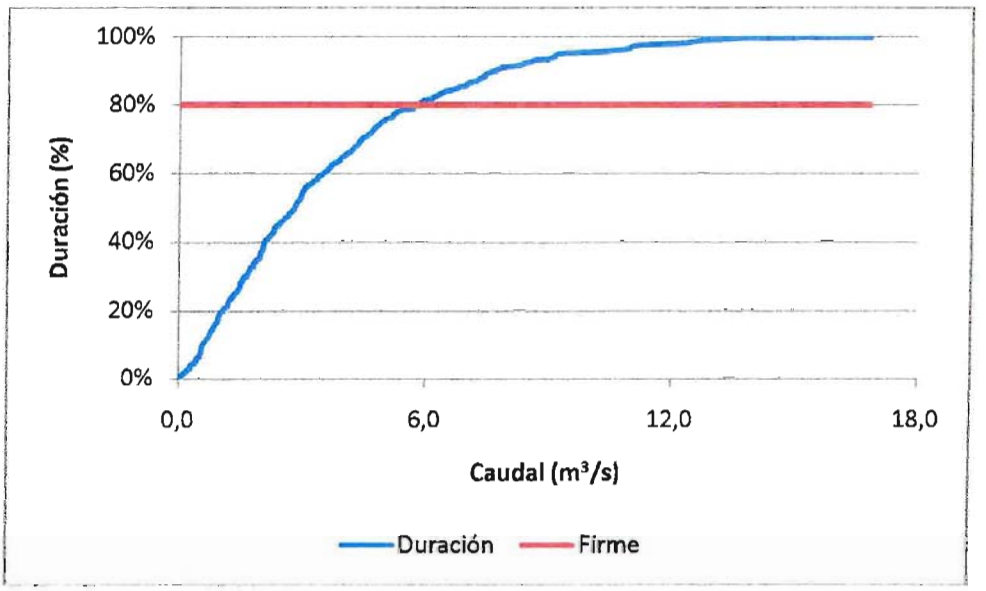
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 CORELTUÉ
# 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.

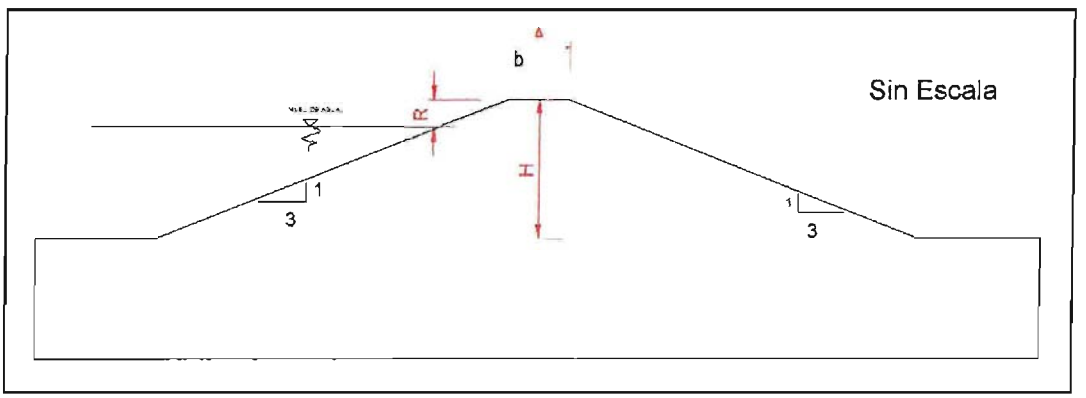
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 3,7 | 8,4 | 10,0 | 214,0 | 5,0 | 3,0 | 2,5 |
| 16,4 | 20,6 | 24,0 | 228,0 | 8,0 | 3,0 | 2,5 |
| 26,4 | 26,4 | 30,5 | 234,5 | 9,5 | 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.

**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 ($t/m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 3,7 | CL-SC | 36 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |
| 16,4 | CL-SC | 36 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |
| 26,4 | CL-SC | 36 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

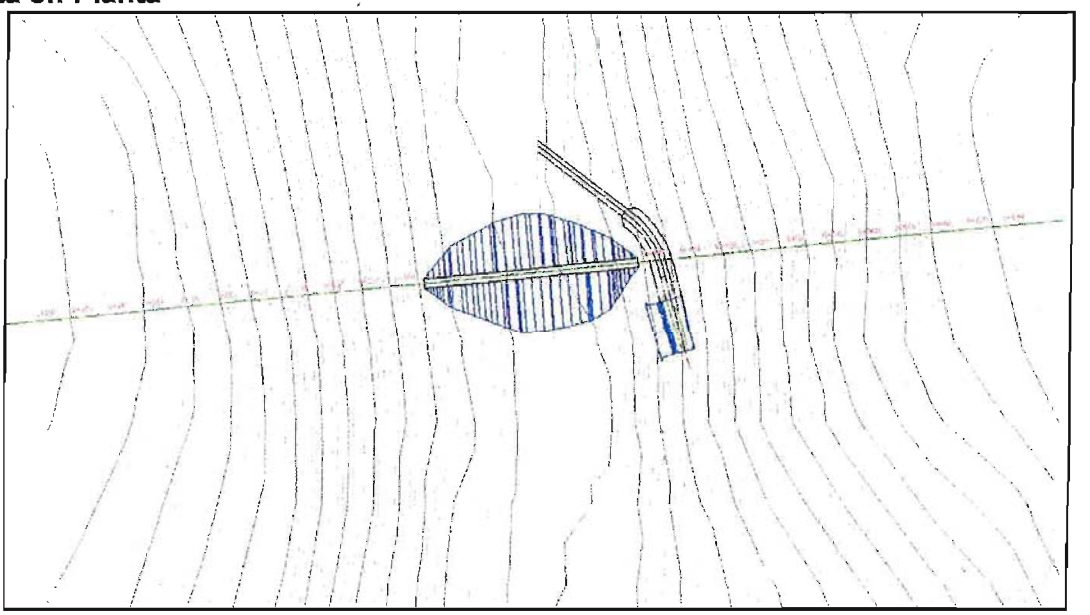
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **3,7** | 1,791 |
| **25,1** | 1,213 |

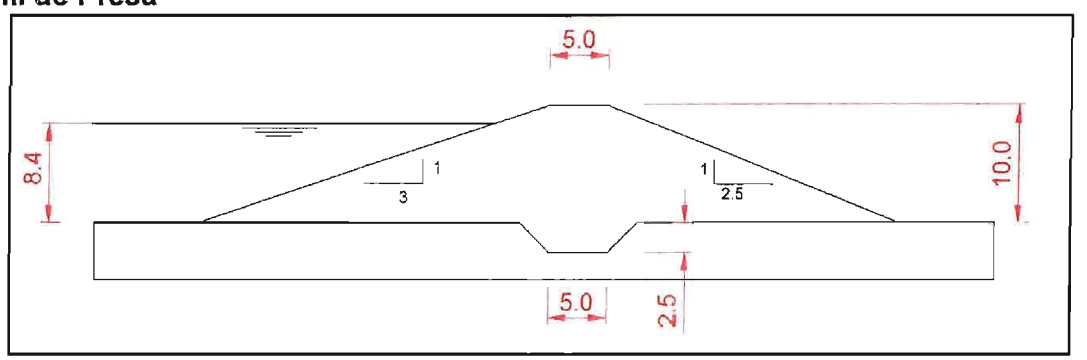
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 3,7 hm$^3$**

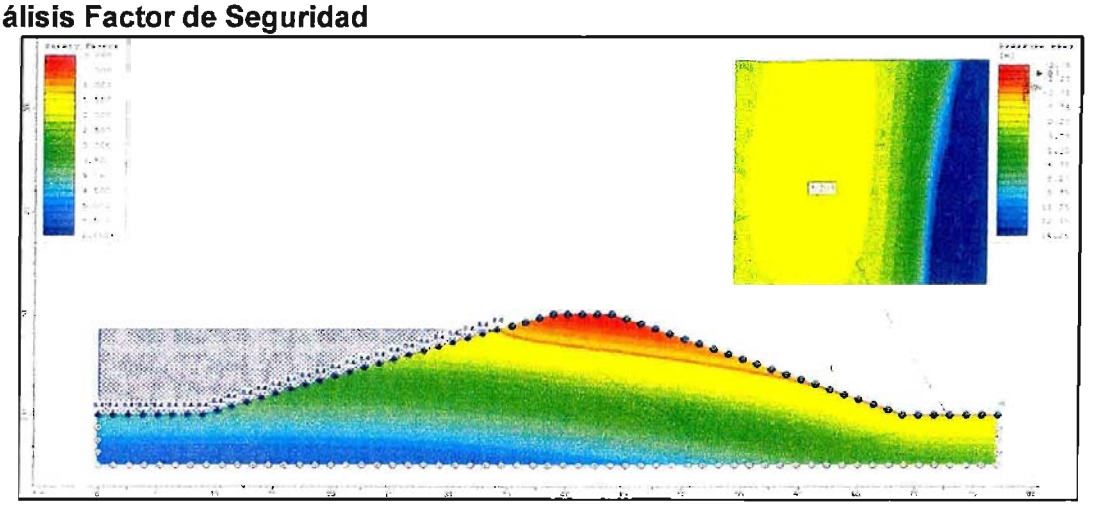
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



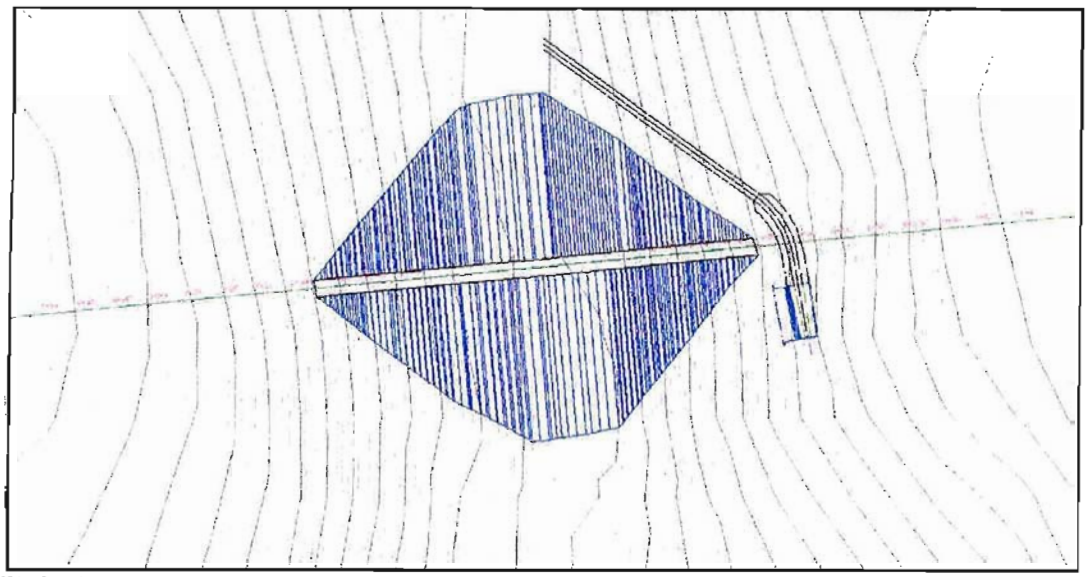

**Análisis Factor de Seguridad**



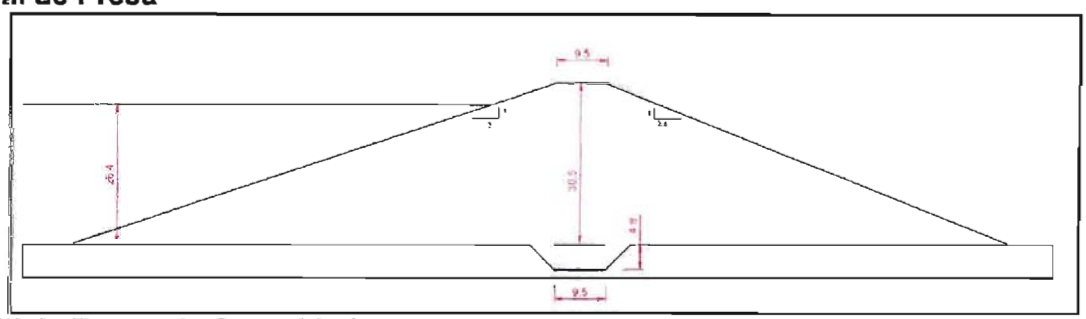
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 25,1 hm$^3$**

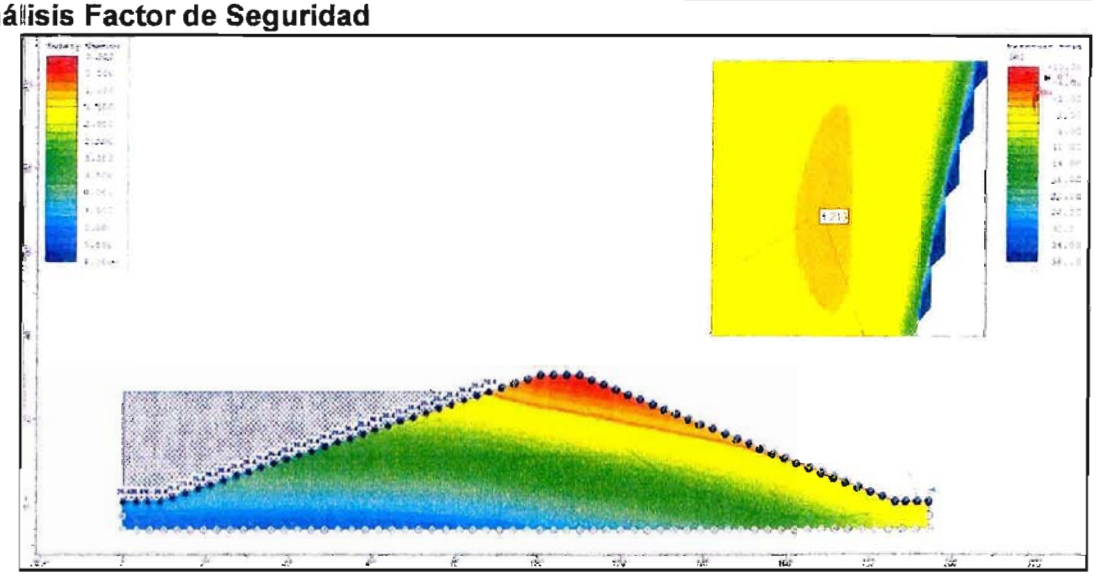
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #8:

# EMBALSE EN RÍO CURRAILEFÚ

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCION EMBALSE EN RÍO CURRAILEFÚ (LR-015-02)"

**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 | 14 |
| 3.6.1. | Situación Actual Optimizada o Sin Proyecto | 14 |
| 3.6.2. | Situación Futura o Con Proyecto | 15 |
| 3.6.3. | Demandas de Agua | 16 |
| 3.7. | BALANCE HÍDRICO | 17 |
| **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** | **26** |
| 5.1. | EMBALSE DE REGULACIÓN | 26 |
| 5.2. | SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN | 27 |
| 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 Currailefú**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Currailefú comuna de Río Bueno, 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 Currailefú 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 Currailefú.

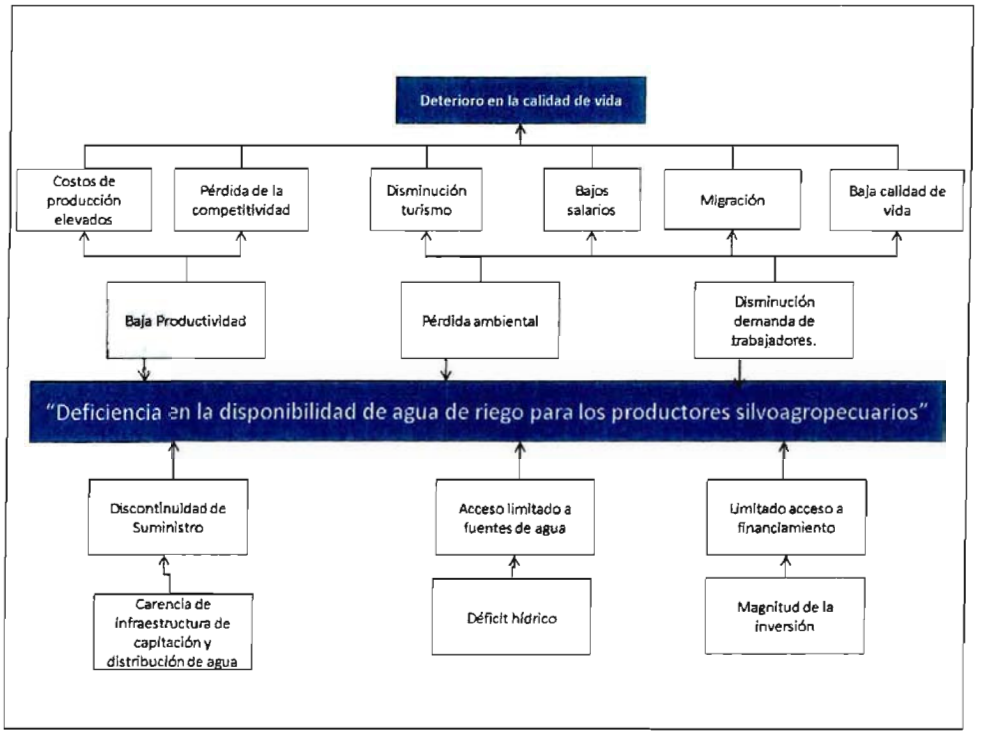
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Currailefú, existen 4.000 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 900 ha potenciales de frutales y 2.800 ha potenciales de praderas. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

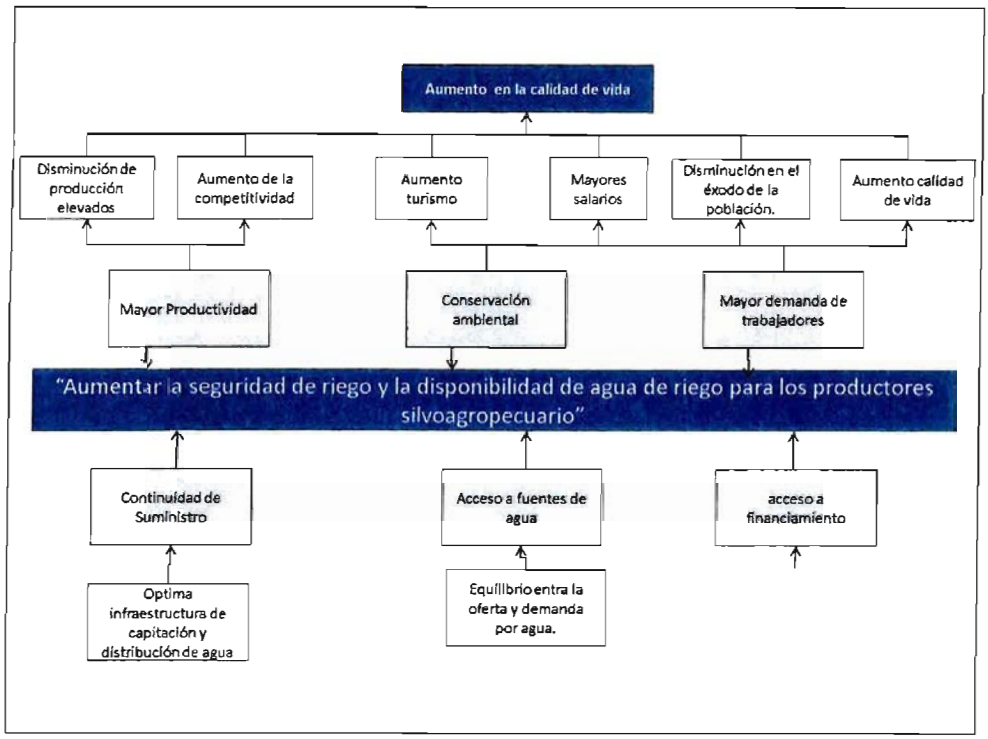



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

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 Ranco, Región de Los Ríos, Chile central (5.523.700N, 705.750E)la queocupa una superficie de 7.236 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 del Ranco se presenta un clima similar al de la provincia de Valdivia, destacándose el Agroclima de La Unión, en la zona de llano central, que posee un régimen térmico que se caracteriza por una temperatura media anual de 11,6°C, con una máxima media en enero de 23,7°C, que corresponde al mes más cálido. La temperatura media mensual se mantiene sobre 7°C. El régimen hídrico se destaca por una precipitación anual de 1.267 mm, con 222 mm en el mes más lluvioso, correspondiente a junio. En esta zona, se presenta una estación seca de un mes en febrero (INIA, 1998).

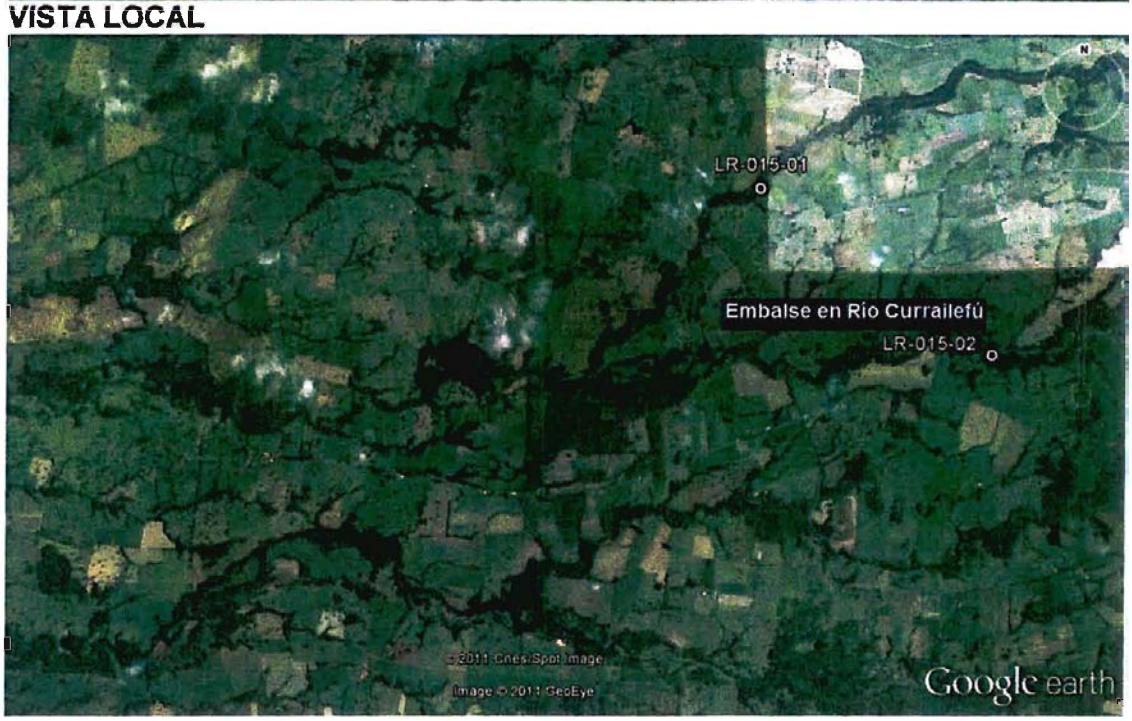
En la provincia de Ranco la precipitación anual supera los 1100 mm en la mayor parte de las localidades, registrándose en la comuna de río Bueno 1191 mm y en la de Futrono 1554 mm anuales. Las máximas precipitaciones anuales se registran en Lago Rupanco con 1947 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego se encuentra al norponiente del sitio proyectado. Hay presencia de fundos, pequeños terrenos y localidad poblada. Las posibles zonas a regar son Estación Vivanco, San Blas y Bramadero (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. 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 posible de riego para la obra en cuestión corresponde a 4.000 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 estudiose encuentra en la Comuna de Río Bueno y está compuesta por un total de 32.627 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Río Bueno** | 32.627 | 50% | 50% |

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

En cuanto a la composición de la población comunal. en término del número de personas que viven en el ambiente rural y en la ciudad, se tiene que un46% de la población vive en la ciudad y el 54% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en elCuadro3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Río Bueno es de un 19,72 %, 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 | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86 | 23,14 | 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 Bueno | Región | País |
| Pobre Indigente | 3,17 | 4,44 | 1,31 | 4,14 | 6,11 | 3,74 |
| Pobre no Indigente | 8,58 | 3,42 | 4,93 | 15,59 | 14,33 | 11,38 |
| No Pobre | 20,11 | 23,58 | 25,37 | 80,28 | 79,56 | 84,88 |
| Total | 31,86 | 31,43 | 31,61 | 100,00 | 100.00 | 100.00 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

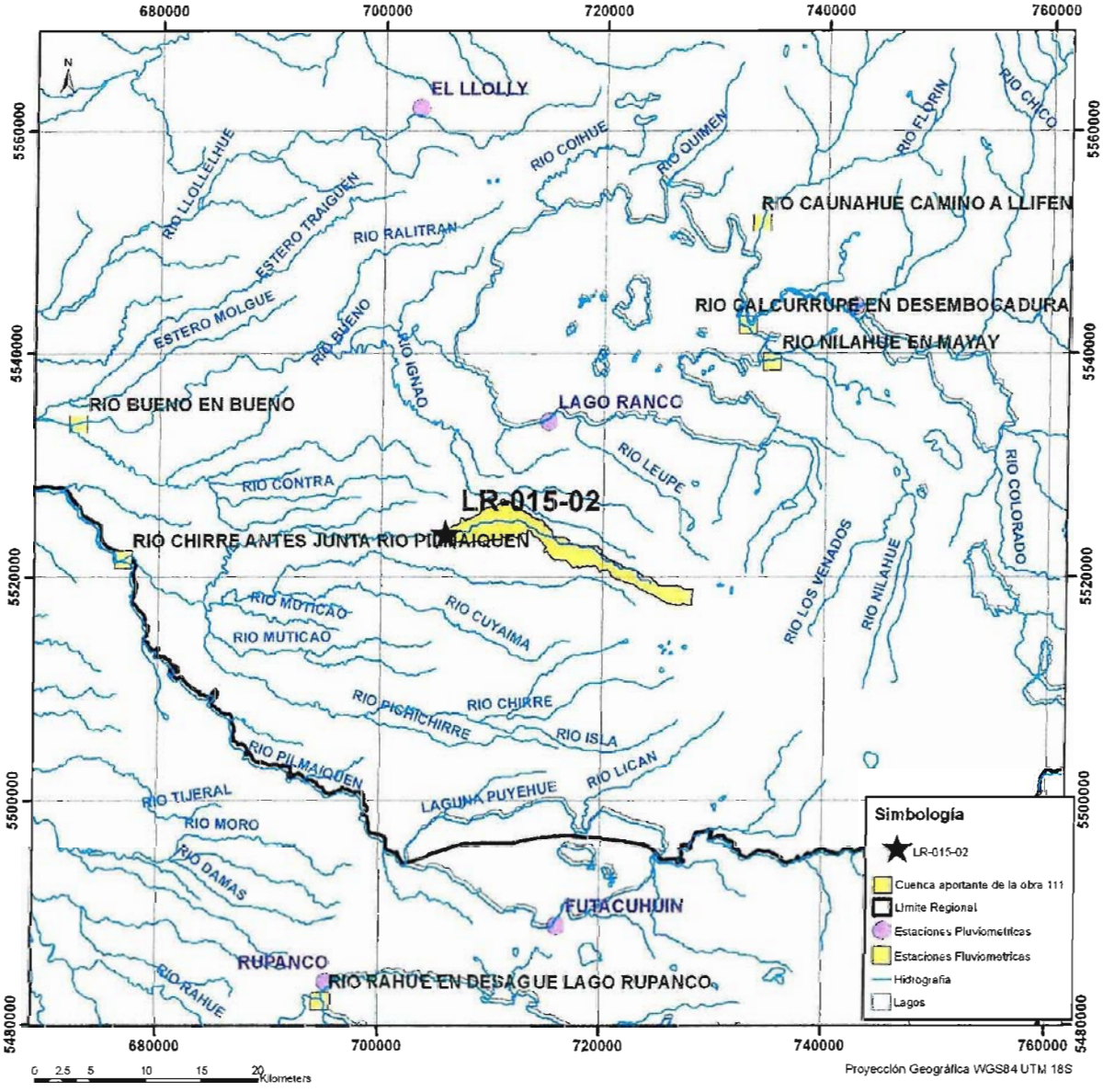
La cuenca es pluvio-nival con una precipitación media de 2.427 mm y un caudal medio de 2,7 m³/s. Cabe indicar que el porcentaje del área que esta por sobre la línea de nieve es menor al 10% del total y por tanto se considera que la distribución mensual del caudal es proporcional a la precipitación ya que no se ve afectada por la acumulación de nieve en la zona alta de la cuenca. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Ranco. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca, además a que la componente nival es reducida. Por otra parte, la estación fluviométrica Río Bueno en Bueno está influenciada por el Lago Ranco, lo que impide determinar el recurso disponible por métodos de transposición de caudales.

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 A.

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

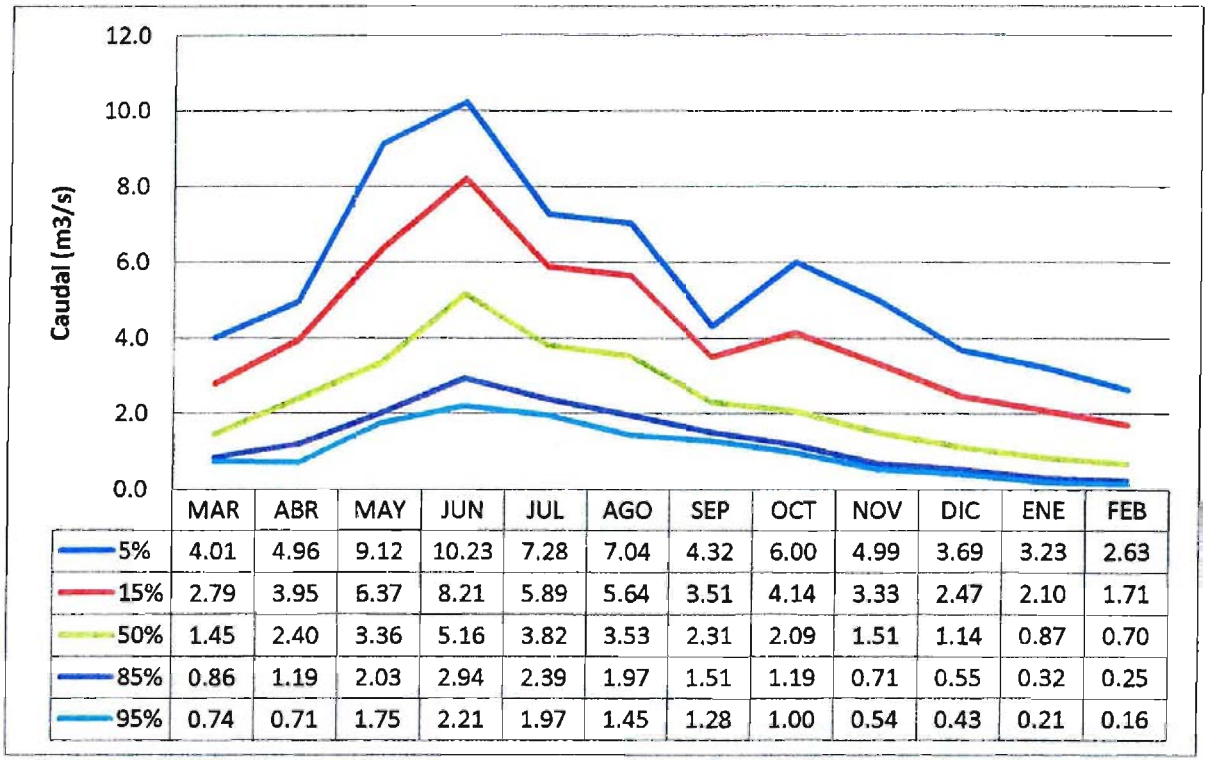
Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO CURRAILEFÚ**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 4.01 | 4.96 | 9.12 | 10.23 | 7.28 | 7.04 | 4.32 | 6.00 | 4.99 | 3.69 | 3.23 | 2.63 |
| 15% | 2.79 | 3.95 | 6.37 | 8.21 | 5.89 | 5.64 | 3.51 | 4.14 | 3.33 | 2.47 | 2.10 | 1.71 |
| 50% | 1.45 | 2.40 | 3.36 | 5.16 | 3.82 | 3.53 | 2.31 | 2.09 | 1.51 | 1.14 | 0.87 | 0.70 |
| 85% | 0.86 | 1.19 | 2.03 | 2.94 | 2.39 | 1.97 | 1.51 | 1.19 | 0.71 | 0.55 | 0.32 | 0.25 |
| 95% | 0.74 | 0.71 | 1.75 | 2.21 | 1.97 | 1.45 | 1.28 | 1.00 | 0.54 | 0.43 | 0.21 | 0.16 |

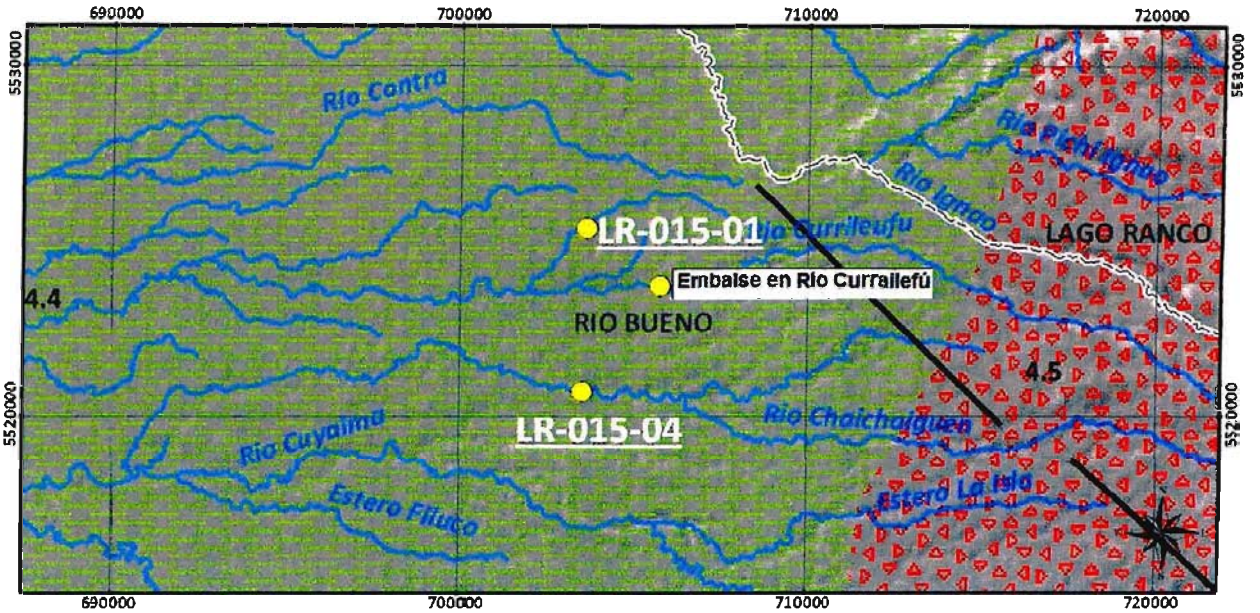
**Fuente:** Elaboración propia

## 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. Morfología de cerros y colinas suaves elongadas de cordones morrenicos erodados.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

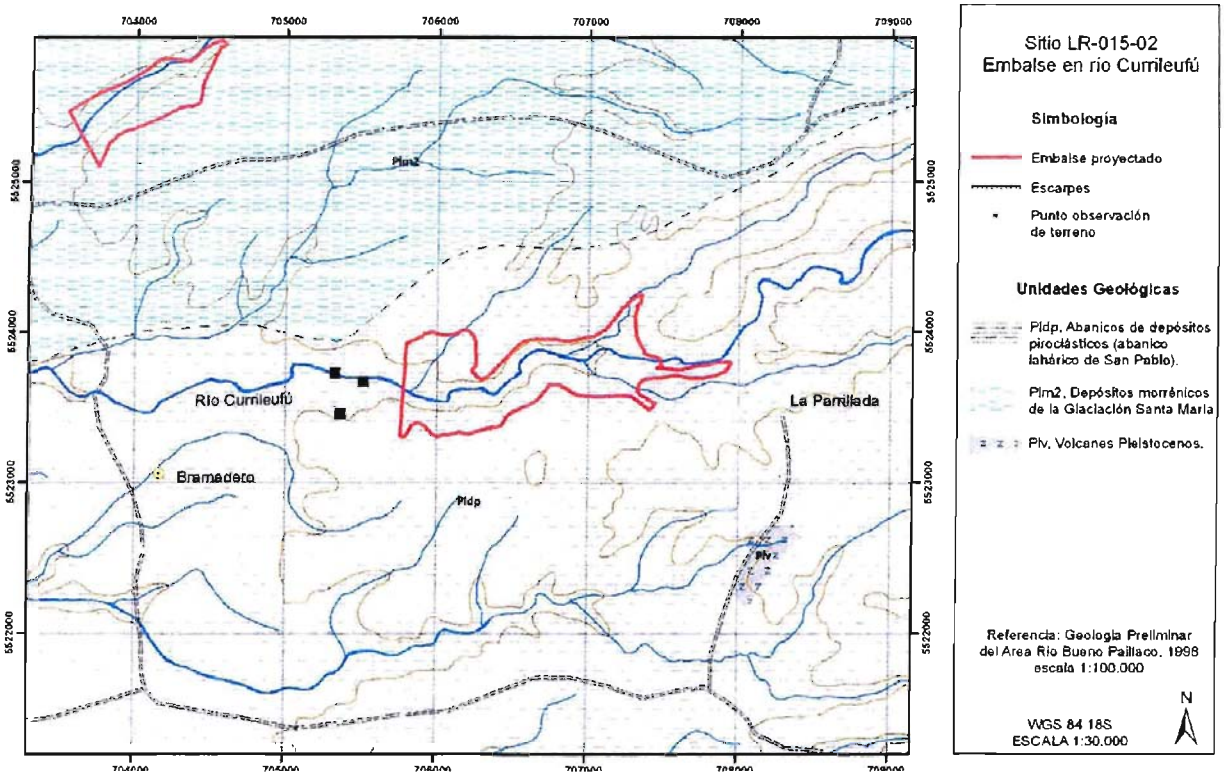



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en la unidad (Pldp) de depósitos piroclasticos que comprende materiales volcánicos heterogéneos y poco cementados. Sobreyacen a una secuencia basal - reconocida en los márgenes del estero- de aglomerados volcánicos negros subredondeados compactos, asignables a la unidad pleistocenica (Plv).Ambos apoyos del muro estarían en nivel de conglomerados volcánicos negros cementadosEn 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

| | |
|---|---|
| Nivel basal de gravas y arenas fluvioglaciales (Plm2) en caja de estero de aproximadamente 30 m ancho y 20m deprofundidad | |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

Aguas abajomuro proyectado. Ambos estribos del muro se apoyarían en nivel basal fluvioglacial de gravas y arenas subredondeadas, cementadas, de compacidad media alta. Infrayacen a depósitos diamicticos (Plm2) y cubierta piroclástica oxidada (Pldp).

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Detalle de cubierta de suelos oxidados de probable origen volcánico, con alto contenido de arcillas. los afecta reptación de laderas y formación de cárcavas que canalizan la infiltración de aguas lluvias hacia quebrada principal | |

**Fuente:**Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

En general son materiales excavables mecánicamente y de permeabilidad media a baja.Reptación de laderas

## 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 3LR, 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 4.000,0 ha, dentro de una envolvente de 140,2 ha.

**CUADRO 3.6.1-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO**

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 6.1 | 30.4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 13.9 | 69.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **20.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 5.6 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1,166.8 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 24.9 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 69.8 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 708.0 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 54.8 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **2,030.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 20.0 | 0.9 |
| Subtotal Secano | 2,030.0 | 92.7 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 140.2 | 6.4 |
| **TOTAL** | **2,190.2** | **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 no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie máxima de 4.000 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; 3,3 y 4,9 $hm^3$, los que permiten el riego de 1.100, 1.600 y 2.050 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 | 0.0 | 55.0 | 605.0 | 55.0 | 880.0 | 55.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0.0 | 45.0 | 495.0 | 45.0 | 720.0 | 45.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **0.0** | **100.0** | **1,100.0** | **100.0** | **1,600.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | |
| Frutales y viveros | 5.7 | 0.3 | 2.6 | 0.3 | 1.2 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 1,178.3 | 57.5 | 546.0 | 57.5 | 258.7 | 57.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 25.2 | 1.2 | 11.7 | 1.2 | 5.5 | 1.2 |
| Cereales y barbecho | 70.5 | 3.4 | 32.7 | 3.4 | 15.5 | 3.4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 715.0 | 34.9 | 331.3 | 34.9 | 157.0 | 34.9 |
| Forrajeras anuales | 55.3 | 2.7 | 25.6 | 2.7 | 12.1 | 2.7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **2,050.0** | **100.0** | **950.0** | **100.0** | **450.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 0.0 | 0.0 | 1,100.0 | 50.2 | 1,600.0 | 73.1 |
| Subtotal Secano | 2,050.0 | 93.6 | 950.0 | 43.4 | 450.0 | 20.5 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 140.2 | 6.4 | 140.2 | 6.4 | 140.2 | 6.4 |
| **TOTAL** | **2,190.2** | **100.0** | **2,190.2** | **100.0** | **2,190.2** | **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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

**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 ($m^3/s$) |
| $Q_{entregado}$ | 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación ($m^3$) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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:

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

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

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

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

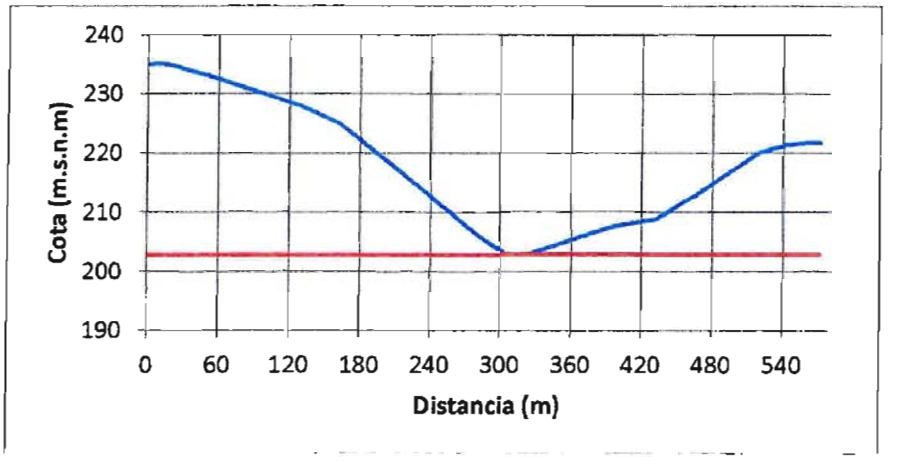
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 2,0; 3,3 y 4,9 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":

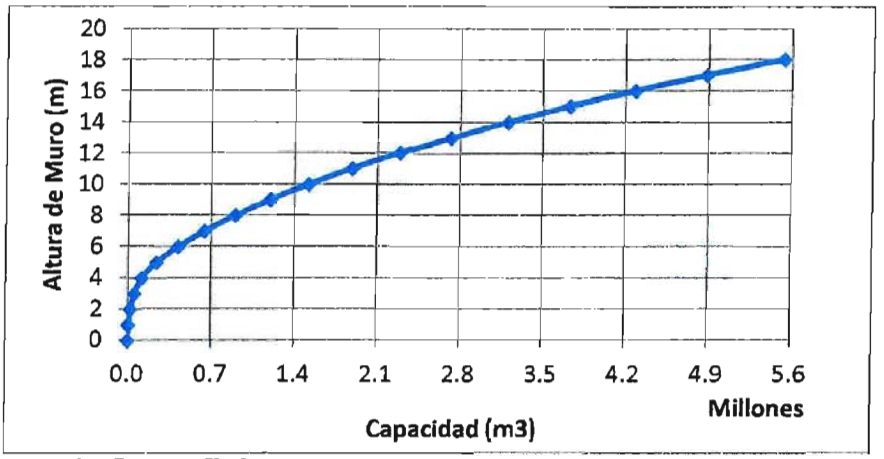
$$W = \frac{Z}{5} + 10$$

dónde:

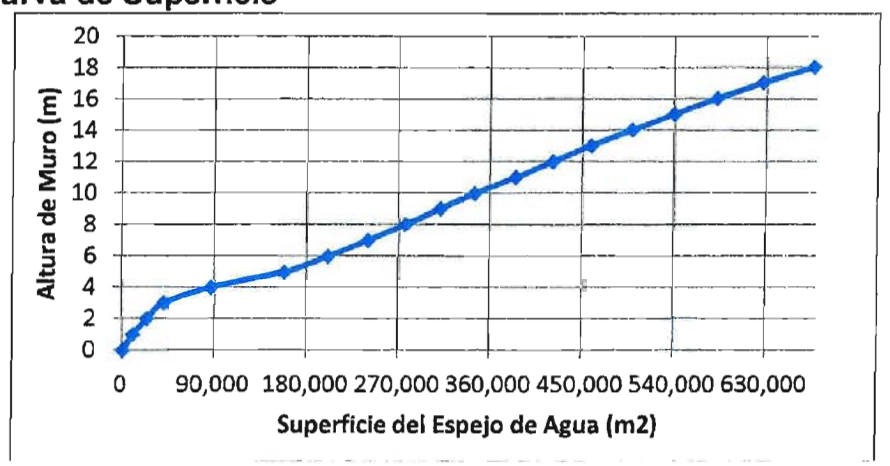
| | | |
|---|---|---|
| w | = | ancho del coronamiento, en pies, con un valor mínimo de 12 pies |
| Z | = | altura de la presa, en pies |

## 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.

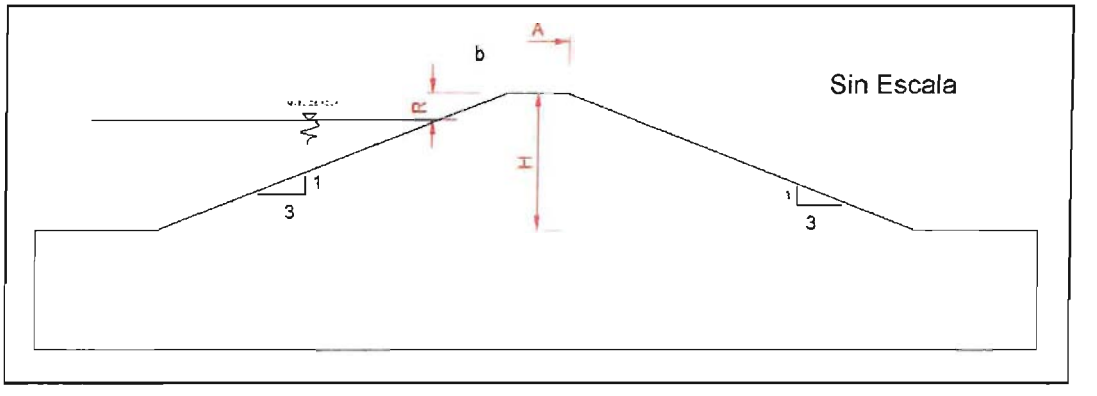
## CUADRO 4.1.1-1
## RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2,0 | 15,0 | 17,5 | 266,5 | 6,5 | 3,0 | 2,5 |
| 3,3 | 18,0 | 21,0 | 270,0 | 7,0 | 3,0 | 2,5 |
| 4,9 | 20,7 | 24,0 | 273,0 | 8,0 | 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 |
|---|---|
| **2,0** | 1,409 |
| **4,9** | 1,279 |

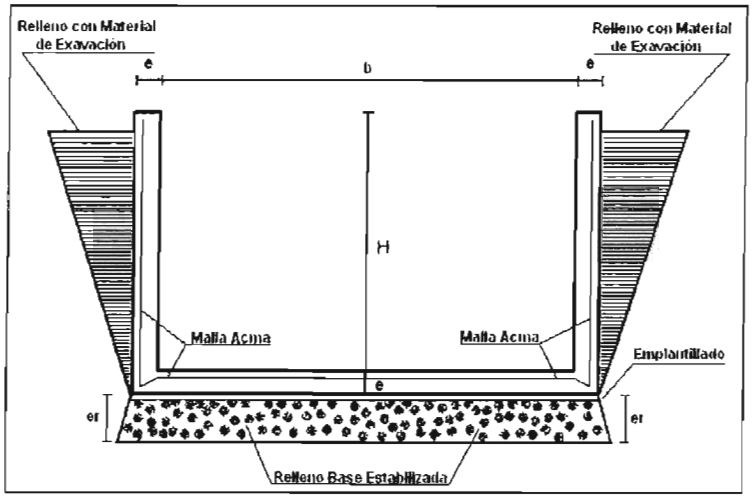
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

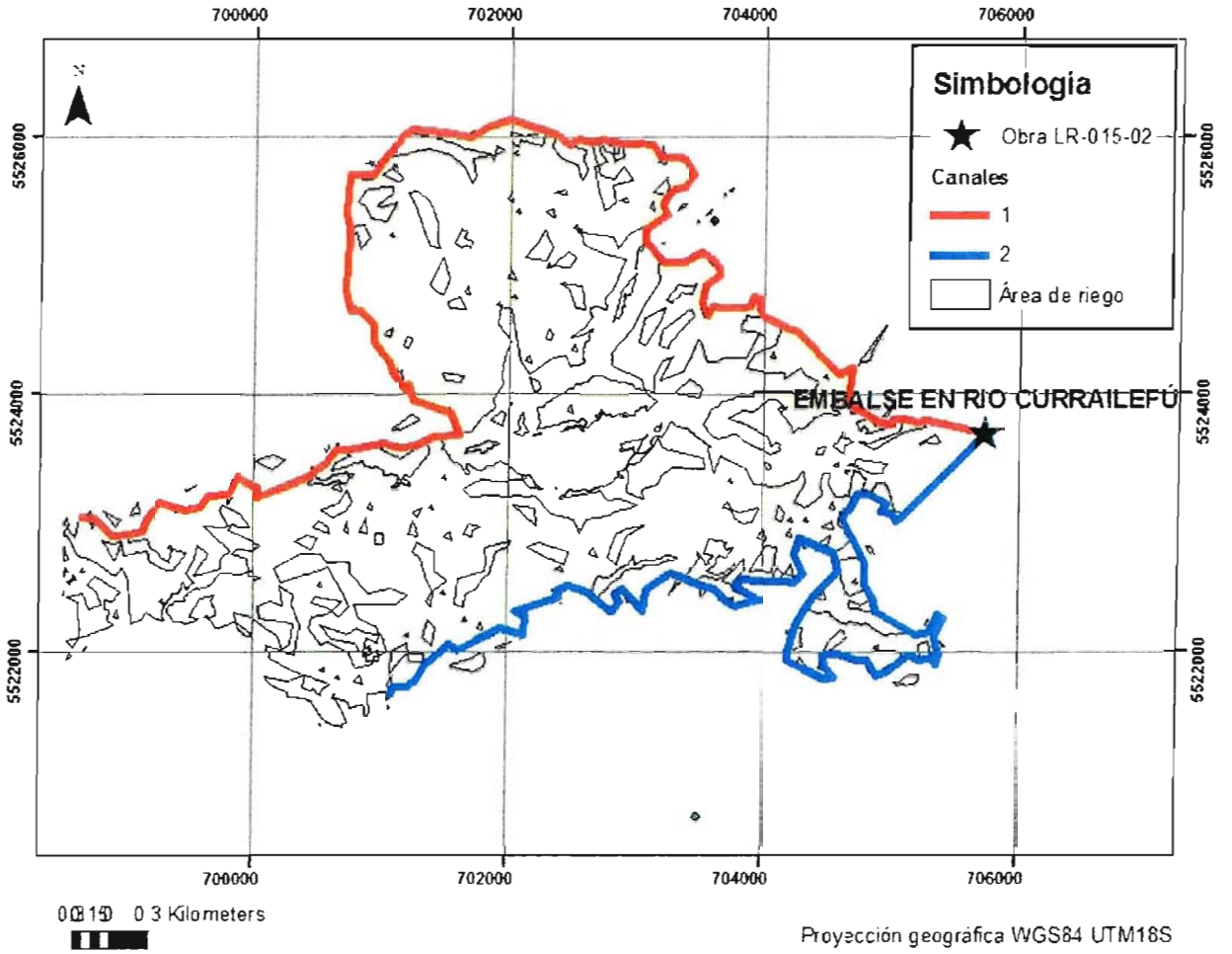
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| 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 |
| 2,0 | 1.100 | 8,2 | 11,2 | 0,25 | 0,6 | 0,6 | 15 | 15 |
| 3,3 | 1.600 | 9,2 | 11,6 | 0,35 | 0,7 | 0,6 | 15 | 15 |
| 4,9 | 2.050 | 14,4 | 14 | 0,47 | 0,7 | 0,7 | 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 4,2 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

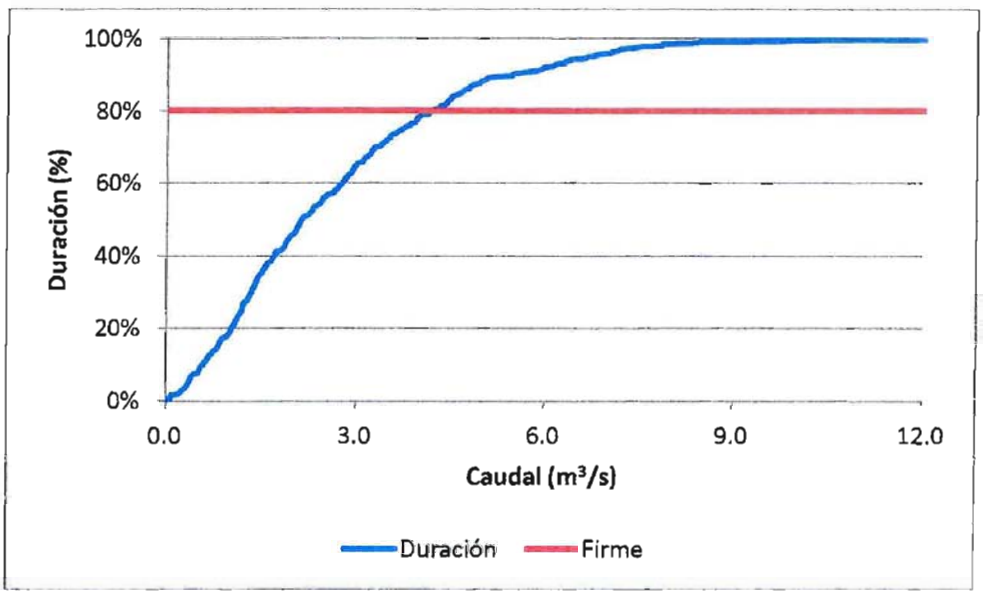
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|
| 2 | 15,0 | 484 | 1.986,3 |
| 3,3 | 18,0 | 585 | 1.960,5 |
| 4,9 | 20,7 | 667 | 1.808,6 |

**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 = 2,0 hm³ / h= 17,5 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 28.449 | 1.500 | 1.320 | 42.673.500 | 37.552.680 |
| m³ | Excavaciones | 10.750 | 5.000 | 4.800 | 53.750.000 | 51.600.000 |
| m³ | Relleno de la presa | 178.617 | 4.000 | 3.840 | 714.468.000 | 685.889.280 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 6.441 | 50.000 | 48.000 | 322.050.000 | 309.168.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 15.458 | 3.500 | 3.430 | 54.103.000 | 53.020.940 |
| **Total Muro** | | | | | **1.187.044.500** | **1.137.230.900** |
| **Volumen = 3,3 hm³ / h=21,0 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 44.791 | 1.500 | 1.320 | 67.186.500 | 59.124.120 |
| m³ | Excavaciones | 21.057 | 5.000 | 4.800 | 105.285.000 | 101.073.600 |
| m³ | Relleno de la presa | 303.789 | 4.000 | 3.840 | 1.215.156.000 | 1.166.549.760 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 9.196 | 50.000 | 48.000 | 459.800.000 | 441.408.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 22.071 | 3.500 | 3.430 | 77.248.500 | 75.703.530 |
| **Total Muro** | | | | | **1.924.676.000** | **1.843.859.010** |
| **Volumen = 4,9 hm³ / h=24,0 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 58.986 | 1.500 | 1.320 | 88.479.000 | 77.861.520 |
| m³ | Excavaciones | 28.001 | 5.000 | 4.800 | 140.005.000 | 134.404.800 |
| m³ | Relleno de la presa | 419.088 | 4.000 | 3.840 | 1.676.352.000 | 1.609.297.920 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 12.136 | 50.000 | 48.000 | 606.800.000 | 582.528.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 29.126 | 3.500 | 3.430 | 101.941.000 | 99.902.180 |
| **Total Muro** | | | | | **2.613.577.000** | **2.503.994.420** |

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 | 2.064 | 12.594 | 11.335 | 25.994.016 | 23.394.614 |
| m³ | Hormigón H-30 | 5.675 | 99.523 | 94.547 | 564.743.264 | 536.506.100 |
| m² | Malla Acma C-295 | 37.830 | 7.877 | 7.719 | 297.986.910 | 292.027.172 |
| m² | Moldajes 3 usos | 17.460 | 8.834 | 7.951 | 154.241.640 | 138.817.476 |
| m² | Aplicación Antisol | 11.640 | 255 | 230 | 2.968.200 | 2.671.380 |
| m | Juntas de dilatación | 6.984 | 5.994 | 5.395 | 41.862.096 | 37.675.886 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.087.796.126** | **1.031.092.629** |
| **Volumen =3,3 hm³** | | | | | | |
| **Unidad** | Descripción | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.556 | 12.594 | 11.335 | 32.190.264 | 28.971.238 |
| m³ | Hormigón H-30 | 6.396 | 99.523 | 94.547 | 636.549.108 | 604.721.653 |
| m² | Malla Acma C-295 | 42.640 | 7.877 | 7.719 | 335.875.280 | 329.157.774 |
| m² | Moldajes 3 usos | 18.720 | 8.834 | 7.951 | 165.372.480 | 148.835.232 |
| m² | Aplicación Antisol | 14.560 | 255 | 230 | 3.712.800 | 3.341.520 |
| m | Juntas de dilatación | 7.904 | 5.994 | 5.395 | 47.376.576 | 42.638.918 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.221.076.508** | **1.157.666.335** |
| **Volumen = 4,9 hm³** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 3.491 | 12.594 | 11.335 | 43.965.654 | 39.569.089 |
| m³ | Hormigón H-30 | 9.585 | 99.523 | 94.547 | 953.927.955 | 906.231.557 |
| m² | Malla Acma C-295 | 63.900 | 7.877 | 7.719 | 503.340.300 | 493.273.494 |
| m² | Moldajes 3 usos | 29.347 | 8.834 | 7.951 | 259.248.453 | 233.323.608 |
| m² | Aplicación Antisol | 19.880 | 255 | 230 | 5.069.400 | 4.562.460 |
| m | Juntas de dilatación | 11.928 | 5.994 | 5.395 | 71.496.432 | 64.346.789 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.837.048.194** | **1.741.306.997** |

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 ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|
| 2,0 | 484,0 | 1.169.852.200 | 51.781 | 2.420.000 |
| 3,3 | 585,0 | 1.413.974.250 | 62.587 | 2.925.000 |
| 4,9 | 667,0 | 1.612.172.350 | 71.360 | 3.335.000 |

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 ($) |
|---|---|---|
| 2,0 | 38,8 | 175.315.550,0 |
| 3,3 | 51,8 | 234.055.296,0 |
| 4,9 | 65,1 | 294.150.574,0 |

**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 = 2,0 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 1.187.044.500 | 1.137.230.900 |
| Obra de Desvío | 118.704.450 | 113.723.090 |
| Obra de Toma | 59.352.225 | 56.861.545 |
| Vertedero | 415.465.575 | 398.030.815 |
| Sistema de Distribución | 1.087.796.126 | 1.031.092.629 |
| Caminos de Acceso | 118.704.450 | 113.723.090 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **2.987.067.326** | **2.850.662.069** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%) | **1.792.240.395** | **1.710.397.241** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 1.169.852.200 | 1.169.852.200 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **1.169.852.200** | **1.169.852.200** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%) | **409.448.270** | **409.448.270** |
| EXPROPIACIONES | **175.315.550** | **175.315.550** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($) | **6.533.923.741** | **6.315.675.330** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | **289.224** | **279.563** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$) | **13.516.319** | **13.064.842** |

| Volumen = 3,3 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 1.924.676.000 | 1.843.859.010 |
| Obra de Desvío | 192.467.600 | 184.385.901 |
| Obra de Toma | 96.233.800 | 92.192.951 |
| Vertedero | 673.636.600 | 645.350.654 |
| Sistema de Distribución | 1.221.076.508 | 1.157.666.335 |
| Caminos de Acceso | 192.467.600 | 184.385.901 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **4.300.558.108** | **4.107.840.751** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%) | **2.580.334.865** | **2.464.704.451** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 1.413.974.250 | 1.413.974.250 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **1.413.974.250** | **1.413.974.250** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%) | **494.890.988** | **494.890.988** |
| EXPROPIACIONES | **234.055.296** | **234.055.296** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($) | **9.023.813.506** | **8.715.465.735** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | **399.439** | **385.790** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$) | **18.666.998** | **18.029.138** |

| Volumen = 4,9 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 2.613.577.000 | 2.503.994.420 |

**CUADRO 5.5-1**
**RESUMEN DE COSTOS**

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 261.357.700 | 250.399.442 |
| **Obra de Toma** | 130.678.850 | 125.199.721 |
| **Vertedero** | 914.751.950 | 876.398.047 |
| **Sistema de Distribución** | 1.837.048.194 | 1.741.306.997 |
| **Caminos de Acceso** | 261.357.700 | 250.399.442 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **6.018.771.394** | **5.747.698.069** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.611.262.837** | **3.448.618.841** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 1.612.172.350 | 1.612.172.350 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.612.172.350** | **1.612.172.350** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **564.260.323** | **564.260.323** |
| **EXPROPIACIONES** | **294.150.574** | **294.150.574** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **12.100.617.477** | **11.666.900.156** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **535.634** | **516.435** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **25.031.790** | **24.134.586** |

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 | 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 | 113.436.266 | 113.436.266 | 0 | 113.436.266 | 0 | 113.436.266 | 0 |
| 1 | 118.592.434 | -917.889.151 | -1.036.481.585 | -1.266.059.180 | -1.384.651.613 | -1.579.412.205 | -1.698.004.639 |
| 2 | 118.592.434 | -1.244.172.900 | -1.362.765.334 | -1.742.092.260 | -1.860.684.694 | -2.190.219.684 | -2.308.812.118 |
| 3 | 118.592.434 | -2.002.075.061 | -2.120.667.494 | -2.848.278.707 | -2.966.871.141 | -3.609.861.989 | -3.728.454.422 |
| 4 | 118.592.434 | -841.839.014 | -960.431.447 | -1.155.905.831 | -1.274.498.264 | -1.438.565.966 | -1.557.158.400 |
| 5 | 118.592.434 | -610.075.311 | -728.667.745 | -795.984.402 | -914.576.836 | -963.302.584 | -1.081.895.017 |
| 6 | 50.865.783 | 362.954.402 | 312.088.619 | 722.477.027 | 671.611.244 | 1.046.047.390 | 995.181.607 |
| 7 | 79.292.012 | 1.673.535.027 | 1.594.243.015 | 2.468.472.454 | 2.389.180.442 | 3.183.916.140 | 3.104.624.128 |
| 8 | 76.689.498 | 2.564.616.875 | 2.487.927.377 | 3.769.374.476 | 3.692.684.977 | 4.853.656.316 | 4.776.966.818 |
| 9 | 83.122.987 | 3.156.563.776 | 3.073.440.789 | 4.629.836.806 | 4.546.713.819 | 5.955.782.533 | 5.872.659.546 |
| 10 | 91.804.425 | 3.743.642.484 | 3.651.838.059 | 5.481.487.682 | 5.389.683.256 | 7.045.548.360 | 6.953.743.934 |
| 11 | 103.053.881 | 4.073.368.214 | 3.970.314.334 | 5.956.658.232 | 5.853.604.351 | 7.651.619.247 | 7.548.565.366 |
| 12 | 106.805.532 | 4.077.960.304 | 3.971.154.773 | 5.961.250.321 | 5.854.444.790 | 7.656.211.337 | 7.549.405.805 |
| 13 | 113.436.266 | 4.085.803.923 | 3.972.367.657 | 5.969.093.940 | 5.855.657.674 | 7.664.054.956 | 7.550.618.690 |
| 14 | 118.592.434 | 2.680.775.738 | 2.562.183.305 | 3.915.976.612 | 3.797.384.178 | 5.027.657.398 | 4.909.064.964 |
| 15 | 118.592.434 | 1.051.523.132 | 932.930.698 | 1.538.636.670 | 1.420.044.236 | 1.977.038.855 | 1.858.446.421 |
| 16 | 118.592.434 | -1.773.152.677 | -1.891.745.111 | -2.583.016.777 | -2.701.609.211 | -3.311.894.467 | -3.430.486.901 |
| 17 | 115.390.822 | -457.441.069 | -572.831.891 | -661.369.500 | -776.760.322 | -844.905.088 | -960.295.910 |
| 18 | 117.811.377 | -117.672.571 | -235.483.948 | -166.709.279 | -284.520.656 | -210.842.316 | -328.653.693 |
| 19 | 53.242.425 | 699.162.777 | 645.920.353 | 1.058.100.023 | 1.004.857.598 | 1.381.143.544 | 1.327.901.119 |
| 20 | 79.312.813 | 1.673.544.761 | 1.594.231.948 | 2.468.477.065 | 2.389.164.253 | 3.183.916.140 | 3.104.603.327 |
| 21 | 76.964.665 | 2.565.002.945 | 2.488.038.280 | 3.769.557.351 | 3.692.592.686 | 4.853.656.316 | 4.776.691.651 |
| 22 | 83.883.243 | 3.157.261.764 | 3.073.378.521 | 4.630.167.432 | 4.546.284.189 | 5.955.782.533 | 5.871.899.290 |
| 23 | 92.354.228 | 3.743.984.687 | 3.651.630.459 | 5.481.649.778 | 5.389.295.550 | 7.045.548.360 | 6.953.194.131 |
| 24 | 103.053.881 | 4.073.368.214 | 3.970.314.334 | 5.956.658.232 | 5.853.604.351 | 7.651.619.247 | 7.548.565.366 |
| 25 | 106.805.532 | 4.077.960.304 | 3.971.154.773 | 5.961.250.321 | 5.854.444.790 | 7.656.211.337 | 7.549.405.805 |
| 26 | 113.436.266 | 4.085.803.923 | 3.972.367.657 | 5.969.093.940 | 5.855.657.674 | 7.664.054.956 | 7.550.618.690 |
| 27 | 118.592.434 | 2.680.775.738 | 2.562.183.305 | 3.915.976.612 | 3.797.384.178 | 5.027.657.398 | 4.909.064.964 |
| 28 | 115.390.822 | 1.049.682.637 | 934.291.815 | 1.537.764.857 | 1.422.374.035 | 1.977.038.855 | 1.861.648.033 |
| 29 | 117.811.377 | -1.773.860.399 | -1.891.671.776 | -2.583.352.014 | -2.701.163.391 | -3.311.894.467 | -3.429.705.844 |
| 30 | 117.767.464 | -456.328.847 | -574.096.311 | -660.842.658 | -778.610.122 | -844.905.088 | -962.672.552 |

**Fuente:** Elaboración propia

## CUADRO 6.3.1-5
## FLUJOS AGROECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES

| Año | Flujos Alternativas a Precios Sociales ($) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 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 | 164.914.412 | 164.914.412 | 0 | 164.914.412 | 0 | 164.914.412 | 0 |
| 1 | 171.619.405 | -858.352.871 | -1.029.972.276 | -1.203.586.887 | -1.375.206.291 | -1.514.297.500 | -1.685.916.905 |
| 2 | 171.619.405 | -1.155.916.295 | -1.327.535.700 | -1.641.340.371 | -1.812.959.776 | -2.078.222.039 | -2.249.841.444 |
| 3 | 171.619.405 | -1.848.017.318 | -2.019.636.723 | -2.651.492.413 | -2.823.111.818 | -3.374.619.998 | -3.546.239.402 |
| 4 | 171.619.405 | -658.245.383 | -829.864.788 | -916.021.955 | -1.087.641.359 | -1.148.020.869 | -1.319.640.274 |
| 5 | 171.619.405 | -281.216.166 | -452.835.571 | -344.134.924 | -515.754.329 | -400.761.806 | -572.381.211 |
| 6 | 95.711.992 | 906.501.968 | 810.789.976 | 1.452.881.732 | 1.357.169.739 | 1.944.623.519 | 1.848.911.527 |
| 7 | 122.809.060 | 2.223.671.421 | 2.100.862.361 | 3.259.325.774 | 3.136.516.714 | 4.191.414.691 | 4.068.605.632 |
| 8 | 121.712.379 | 3.242.639.336 | 3.120.926.956 | 4.734.264.160 | 4.612.551.780 | 6.076.726.501 | 5.955.014.122 |
| 9 | 129.977.534 | 3.937.057.947 | 3.807.080.414 | 5.747.540.183 | 5.617.562.649 | 7.376.974.194 | 7.246.996.661 |
| 10 | 140.040.768 | 4.621.177.557 | 4.481.136.789 | 6.741.690.099 | 6.601.649.331 | 8.650.151.386 | 8.510.110.618 |
| 11 | 152.377.285 | 5.023.416.224 | 4.871.038.939 | 7.323.011.254 | 7.170.633.969 | 9.392.646.780 | 9.240.269.495 |
| 12 | 157.131.348 | 5.037.052.420 | 4.879.921.072 | 7.336.454.534 | 7.179.323.186 | 9.405.916.437 | 9.248.785.089 |
| 13 | 164.914.412 | 5.042.607.927 | 4.877.693.515 | 7.342.010.041 | 7.177.095.630 | 9.411.471.944 | 9.246.557.532 |
| 14 | 171.619.405 | 3.480.933.478 | 3.309.314.074 | 5.059.166.030 | 4.887.546.625 | 6.479.575.327 | 6.307.955.922 |
| 15 | 171.619.405 | 1.602.668.150 | 1.431.048.745 | 2.314.836.763 | 2.143.217.358 | 2.955.788.515 | 2.784.169.110 |
| 16 | 171.619.405 | -1.619.094.935 | -1.790.714.339 | -2.386.230.483 | -2.557.849.888 | -3.076.652.476 | -3.248.271.881 |
| 17 | 168.627.910 | -272.006.943 | -440.634.853 | -420.613.811 | -589.241.720 | -554.359.991 | -722.987.901 |
| 18 | 170.689.203 | 210.127.797 | 39.438.594 | 284.638.673 | 113.949.470 | 351.698.461 | 181.009.258 |
| 19 | 97.746.060 | 1.240.796.267 | 1.143.050.208 | 1.787.598.060 | 1.689.852.000 | 2.279.719.673 | 2.181.973.613 |
| 20 | 122.935.980 | 2.224.623.324 | 2.101.687.345 | 3.259.776.675 | 3.136.840.696 | 4.191.414.691 | 4.068.478.712 |
| 21 | 122.107.989 | 3.242.698.732 | 3.120.590.742 | 4.734.292.295 | 4.612.184.305 | 6.076.726.501 | 5.954.618.512 |
| 22 | 130.780.815 | 3.937.506.005 | 3.806.725.190 | 5.747.752.420 | 5.616.971.605 | 7.376.974.194 | 7.246.193.379 |
| 23 | 140.602.586 | 4.621.920.016 | 4.481.317.430 | 6.742.041.790 | 6.601.439.204 | 8.650.151.386 | 8.509.548.801 |
| 24 | 152.377.285 | 5.023.782.763 | 4.871.405.478 | 7.323.184.877 | 7.170.807.592 | 9.392.646.780 | 9.240.269.495 |
| 25 | 157.131.348 | 5.037.052.420 | 4.879.921.072 | 7.336.454.534 | 7.179.323.186 | 9.405.916.437 | 9.248.785.089 |
| 26 | 164.914.412 | 5.042.607.927 | 4.877.693.515 | 7.342.010.041 | 7.177.095.630 | 9.411.471.944 | 9.246.557.532 |
| 27 | 171.619.405 | 3.480.933.478 | 3.309.314.074 | 5.059.166.030 | 4.887.546.625 | 6.479.575.327 | 6.307.955.922 |
| 28 | 168.627.910 | 1.602.668.150 | 1.434.040.240 | 2.314.836.763 | 2.146.208.853 | 2.955.788.515 | 2.787.160.605 |
| 29 | 170.689.203 | -1.620.861.434 | -1.791.550.637 | -2.387.067.246 | -2.557.756.449 | -3.076.652.476 | -3.247.341.680 |
| 30 | 170.661.977 | -272.808.798 | -443.470.775 | -420.993.637 | -591.655.614 | -554.359.991 | -725.021.969 |

**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 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 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 | 3.038.833.920 | 2.911.311.104 | 1.740.473.801 | 1.649.748.206 |
| 3,3 | 4.927.170.560 | 4.720.279.066 | 1.953.722.413 | 1.852.266.136 |
| 4,9 | 6.690.757.120 | 6.410.225.715 | 2.939.277.111 | 2.786.091.195 |

**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 ($) |
|---|---|---|
| 2,0 | 484 | 1.579.300.470 |
| 3,3 | 585 | 1.908.865.238 |
| 4,9 | 667 | 2.176.432.673 |

**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 tampoco es rentable tanto a precios privado. Es

interesante observar que en este caso los indicadores son menores a los anteriores, 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 $) | IVAN | Tir (%) |
| 2,0 | -759,6 | -0,16 | 11,2% | 14.947,1 | 3,28 | 14,6% |
| 3,3 | -162,2 | -0,02 | 11,9% | 23.114,7 | 3,52 | 15,2% |
| 4,9 | -586,1 | -0,06 | 11,7% | 29.503,9 | 3,21 | 15,0% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | |
| Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 2,0 | -1.734,7 | -0,27 | 10,4% | 14.430,4 | 2,35 | 13,4% |
| 3,3 | -1.500,1 | -0,17 | 11,0% | 22.218,1 | 2,62 | 14,1% |
| 4,9 | -2.265,9 | -0,19 | 10,9% | 28.217,9 | 2,48 | 13,9% |

**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 4,9hm³, 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 2.050 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 ESTERO CURRAILEFÚ
# 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 3LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 30,4 | 55,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 69,5 | 45,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,0 | 0,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 57,5 | 57,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1,2 | 1,2 |
| Cereales y barbecho | 3,4 | 3,4 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 34,9 | 34,9 |
| Forrajeras anuales | 2,7 | 2,7 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 45,0 | 27,0 | 25,0 | 36,0 | 54,0 | 75,0 | 94,0 | 121,0 | 141,0 | 131,0 | 107,0 | 77,0 | 933,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,2 | 41,3 | 75,2 | 127,1 | 148,1 | 102,2 | 53,5 | 0,0 | 563,6 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 42,8 | 25,7 | 23,8 | 34,2 | 51,3 | 71,3 | 89,3 | 115,0 | 134,0 | 124,5 | 101,7 | 73,2 | 886,8 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,5 | 39,5 | 121,0 | 157,9 | 128,4 | 79,2 | 0,0 | 554,5 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109,0 | 131,0 | 122,0 | 134,0 | 120,0 | 105,0 | 93,0 | 87,0 | 66,0 | 54,0 | 67,0 | 99,0 | 1.187,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 40,1 | 82,1 | 48,2 | 0,0 | 0,0 | 170,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 28,0 | 68,0 | 70,5 | 34,7 | 0,0 | 201,2 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 34,0 | 91,9 | 74,4 | 12,2 | 0,0 | 212,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 446,0 | 912,0 | 536,0 | 0,0 | 0,0 | 1.894,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 373,0 | 907,0 | 940,0 | 463,0 | 0,0 | 2.683,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 756,0 | 2.042,0 | 1.653,0 | 271,0 | 0,0 | 4.722,0 |

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

**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 | 395,4 | 909,0 | 817,4 | 322,1 | 0,0 | 2.443,9 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 413,3 | 910,2 | 718,2 | 208,4 | 0,0 | 2.250,1 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 CURRAILEFÚ
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

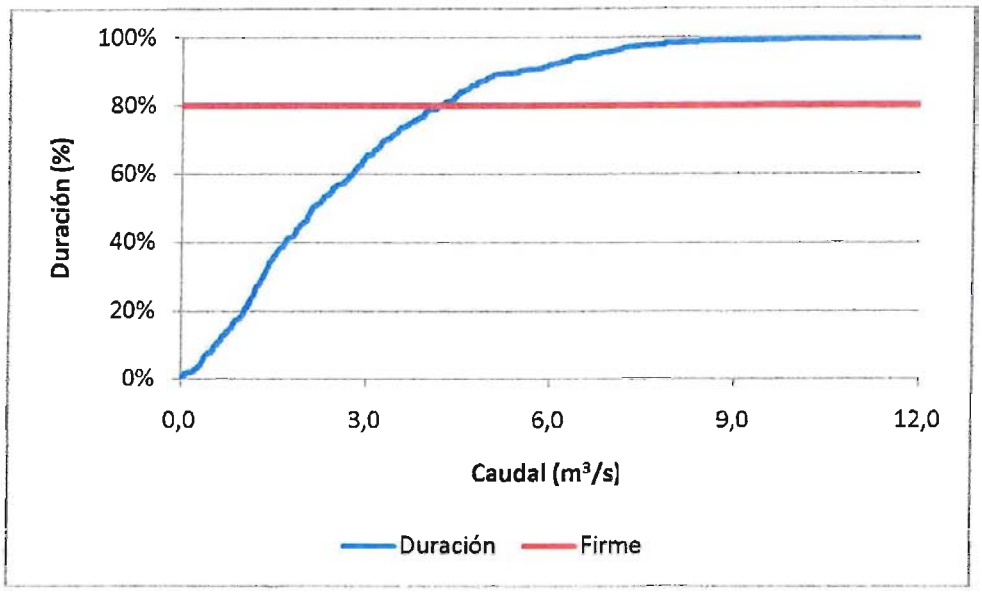
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 CURRAILEFÚ
# 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.

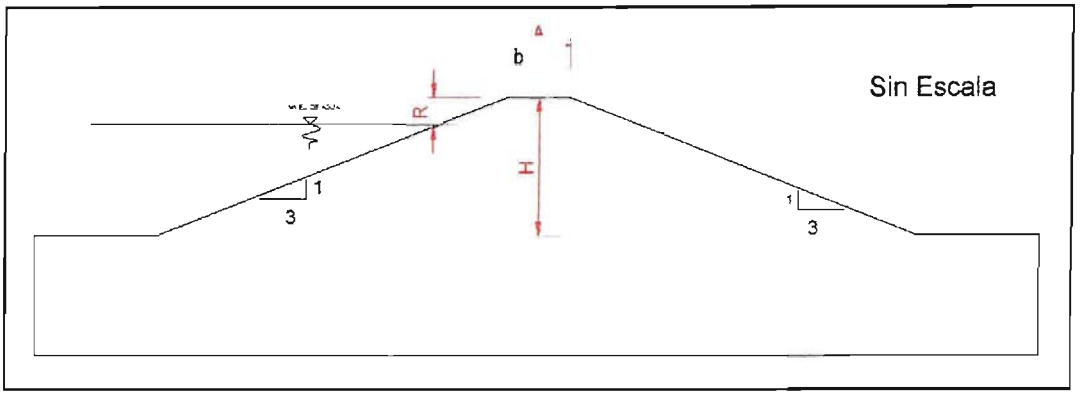
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 2.0 | 15,0 | 17,5 | 266,5 | 6,5 | 3,0 | 2,5 |
| 4.9 | 20,7 | 24,0 | 273,0 | 8,0 | 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.

En la Figura 1 se mostró anteriormente la modelación de la presa, el suelo de fundación y la estimación de la superficie libre de agua en el interior de la presa, para condición de embalse con su nivel de aguas máximas normales.

Para el análisis de estabilidad se consideraron los parámetros de resistencia al corte indicados en el Cuadro 2.

**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-CL | 39 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |
| 4,9 | SC-CL | 39 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

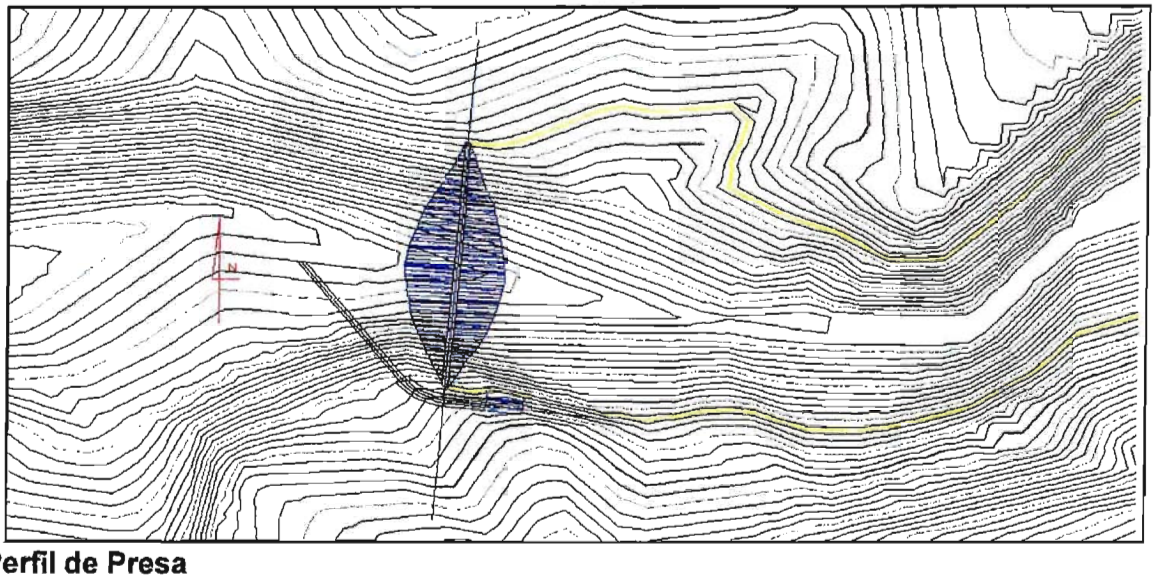
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **2,0** | 1,409 |
| **4,9** | 1,279 |

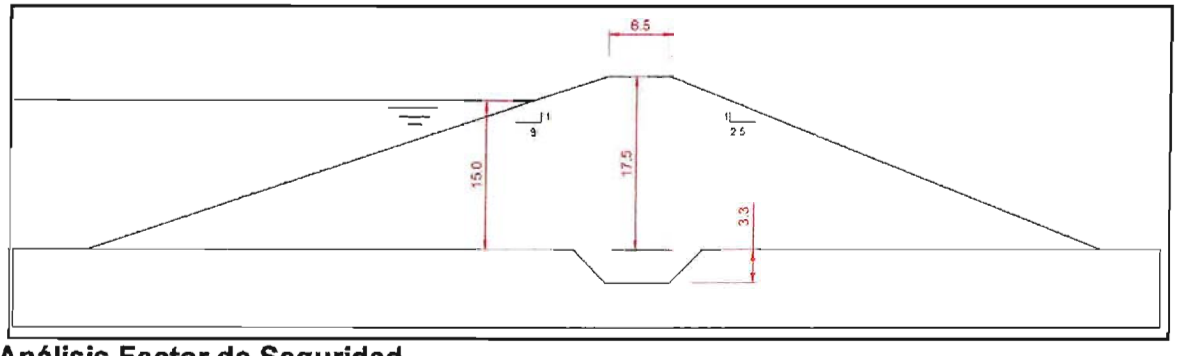
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 2,0 hm³**

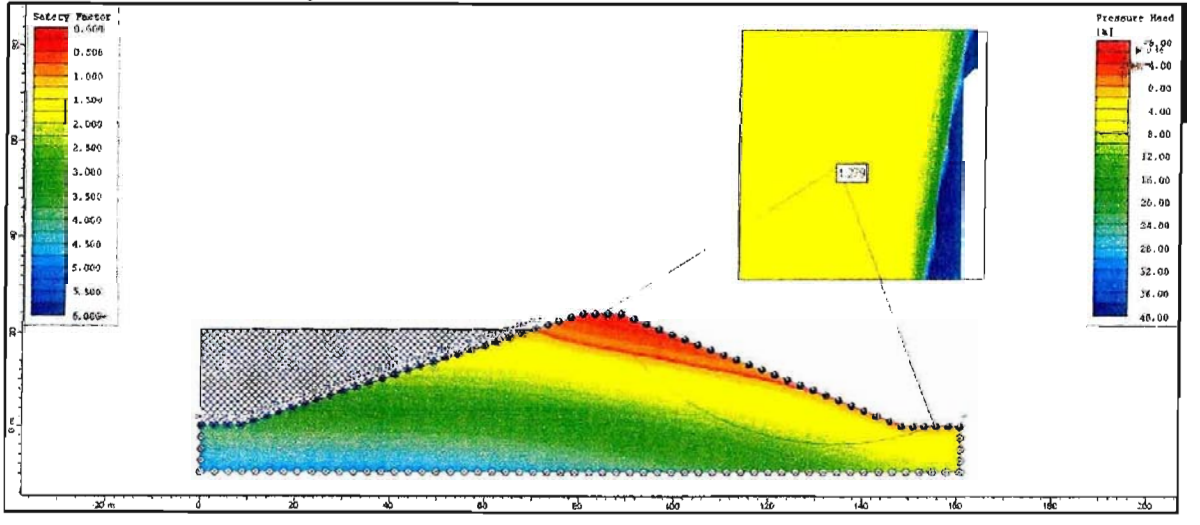
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



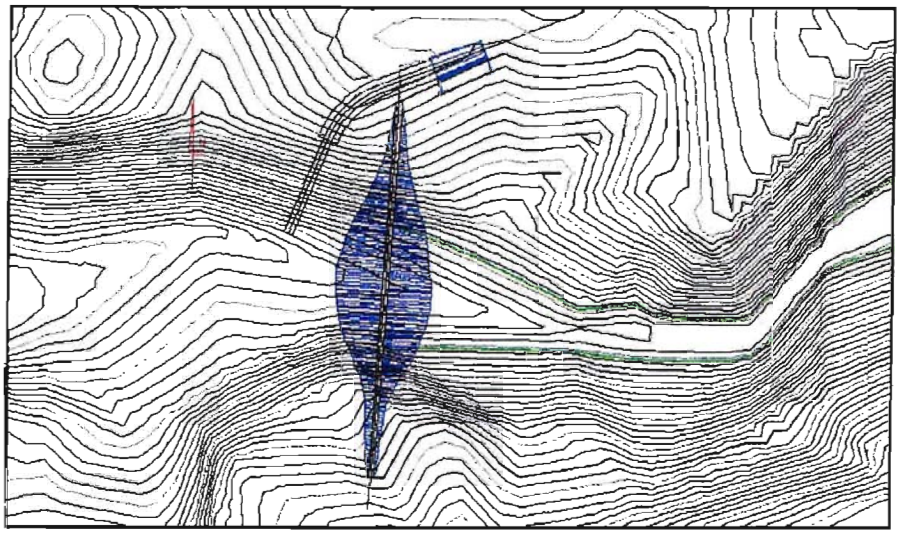

**Análisis Factor de Seguridad**



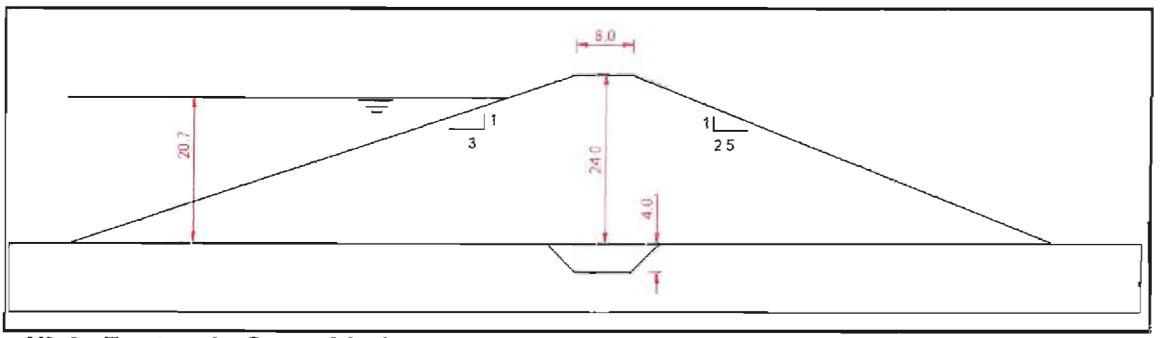

**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 4,9 hm$^3$**

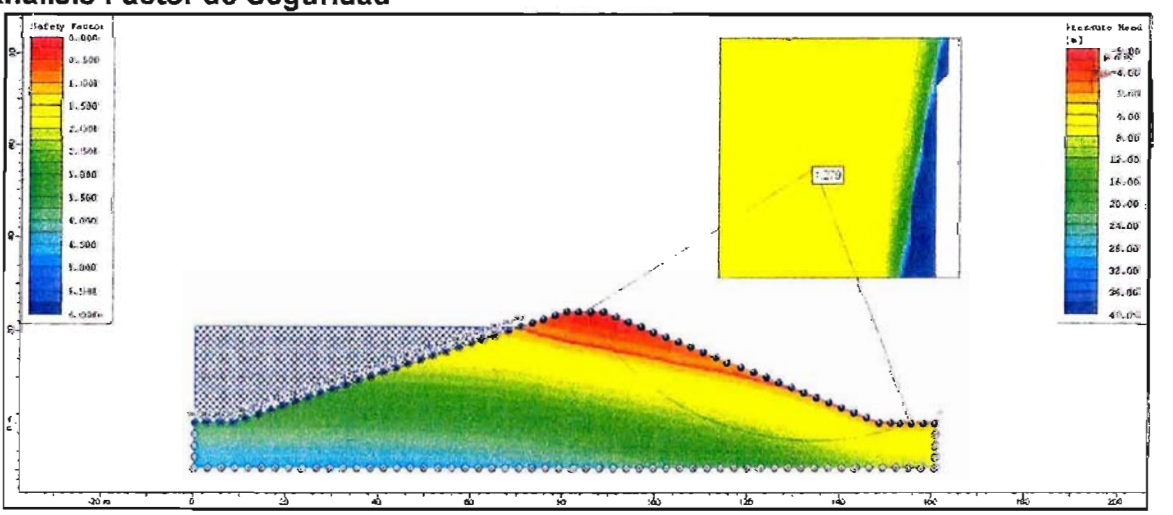
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #9:

# EMBALSE EN RÍO IÑAQUE

**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

# ESTUDIO DE PERFIL

# "CONSTRUCCIÓN EMBALSE EN RÍO IÑAQUE (LR-109-02)"

**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 | 15 |
| 3.7. | BALANCE HÍDRICO | 16 |
| **4.** | **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO** | **17** |
| 4.1. | OBRAS CIVILES | 17 |
| 4.1.1. | Embalse de Regulación | 17 |
| 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 | 28 |
| 5.4. | EXPROPIACIONES | 28 |
| 5.5. | RESUMEN DE COSTOS | 28 |
| **6.** | **EVALUACIÓN ECONÓMICA** | **31** |
| 6.1. | GENERALIDADES | 31 |
| 6.2. | SUPUESTOS DE LA EVALUACIÓN | 31 |
| 6.3. | BENEFICIOS | 32 |
| 6.3.1. | Beneficios Agroeconómicos | 32 |
| 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 Iñaque**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del Río Iñaque comuna de Mafil, 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 Iñaque 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 Iñaque.

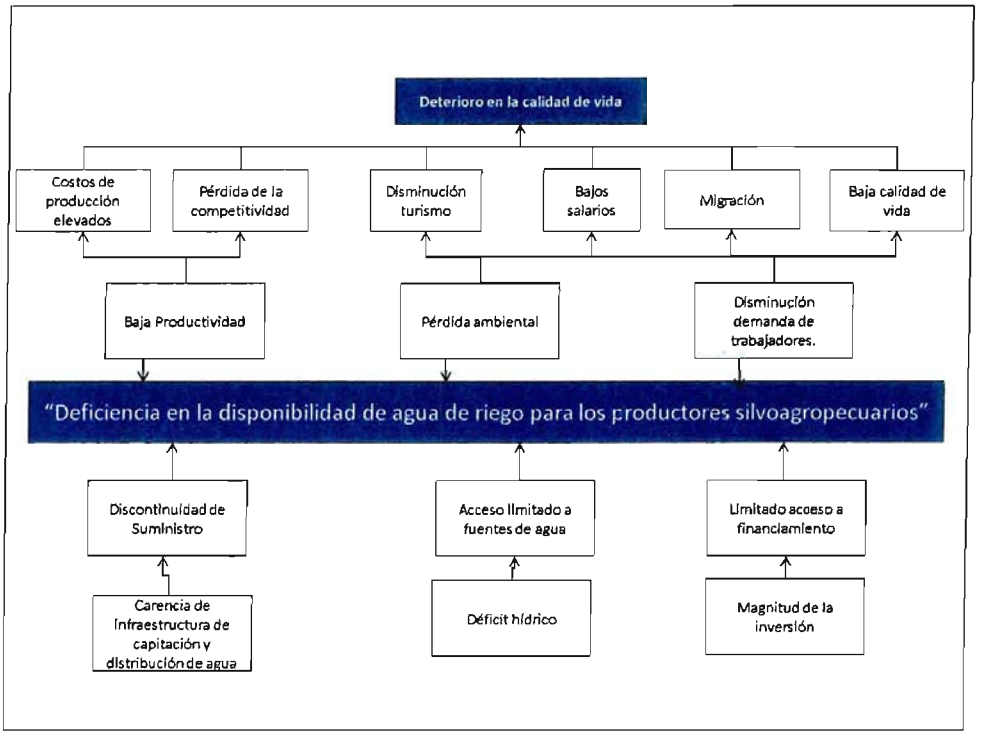
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del Río Iñaque, 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 1.100 ha potenciales de frutales, 3.200 ha potenciales de praderas, y cerca de 300 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

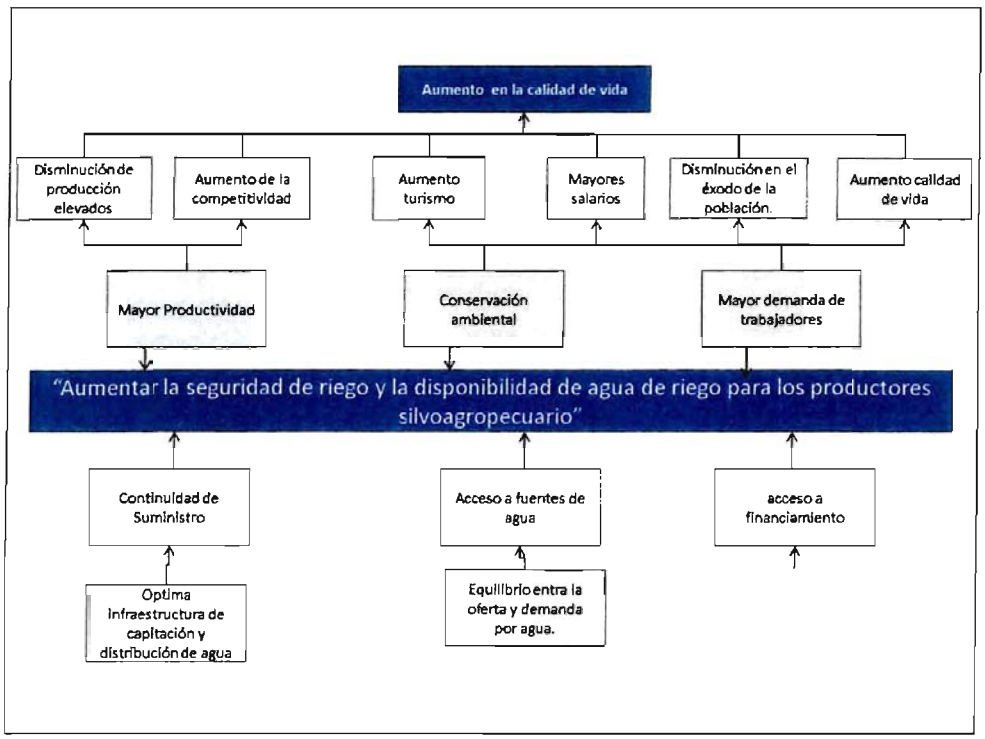



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

Con el fin de analizar todas las posibilidades de solución, se propone analizar las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: Evaluación de la superficie regable utilizando sólo los recursos disponibles a nivel de derechos de agua, es decir, recursos disponibles en los meses de Mayo a Noviembre, captando a lo más un 50% del caudal medio disponible en ese periodo.
- Alternativa 2: 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 Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.608.435N, 688.348E)la que se caracteriza por

poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frio, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frio, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo 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, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -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 (INIA, 1989).Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm. anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

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).

## FIGURA 3.1-1
## UBICACIÓN DEL SITIO EN IMAGEN SATELITAL

**VISTA GENERAL**

**VISTA LOCAL**

**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 4.600 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 estudiose encuentra en la Comuna de Máfil y está compuesta por un total de 7.213 habitantes, donde la porción de hombres y mujeres se muestra en el Cuadro 3.2-1.

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

| ÁREA DE ESTUDIO | POBLACIÓN | HOMBRES | MUJERES |
|---|---|---|---|
| **Región de Los Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Máfil** | 7.213 | 52% | 48% |

**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 53% de la población vive en la ciudad y el 47% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral se puede apreciar en elCuadro3.3-2, que el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral.

El nivel de pobreza en la comuna de Máfil es de un 18,71 %, 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 | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86 | 23,14 | 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 Máfil | Región | País |
| Pobre Indigente | 491,00 | 365,00 | 338,00 | 4,80 | 6,11 | 3,74 |
| Pobre no Indigente | 1,02 | 760,00 | 981,00 | 13,92 | 14,33 | 11,38 |
| No Pobre | 5,56 | 5,60 | 5,73 | 81,29 | 79,56 | 84,88 |
| Total | 7,07 | 6,73 | 7,05 | 100,00 | 100.00 | 100.00 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

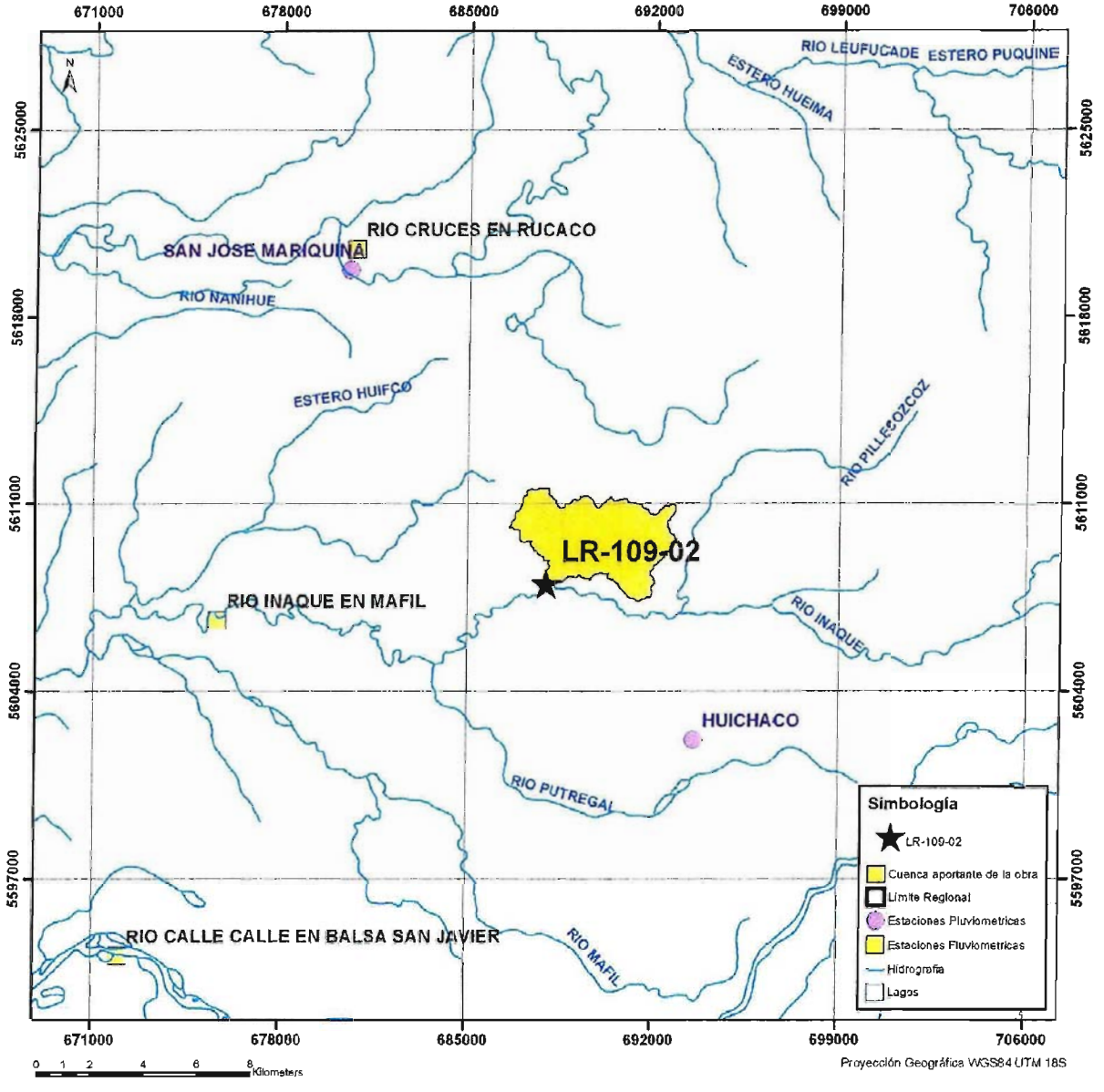
## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

La cuenca es pluvial con una precipitación media de 2.200 mm y un caudal medio de 13,1 $m^3/s$. La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Huichaco y la estación fluviométrica Río Iñaque en Máfil. Los caudales fueron determinados mediante la transposición de caudales de la estación Río Iñaque en Máfil.

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.

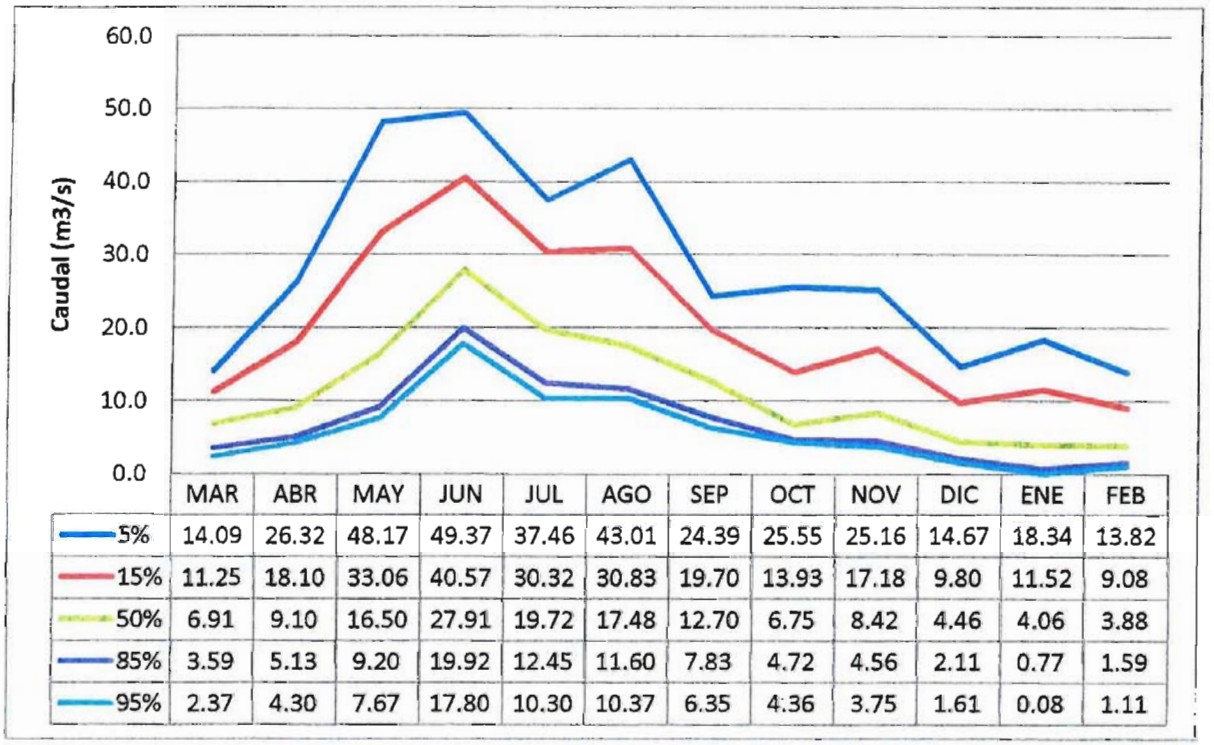
[1]CASEN: Encuesta de caracterización socioeconómica nacional desarrollada por el Ministerio de Desarrollo Social.

## FIGURA 3.4-1
## UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL




**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONALRÍO IÑAQUE**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 14.09 | 26.32 | 48.17 | 49.37 | 37.46 | 43.01 | 24.39 | 25.55 | 25.16 | 14.67 | 18.34 | 13.82 |
| 15% | 11.25 | 18.10 | 33.06 | 40.57 | 30.32 | 30.83 | 19.70 | 13.93 | 17.18 | 9.80 | 11.52 | 9.08 |
| 50% | 6.91 | 9.10 | 16.50 | 27.91 | 19.72 | 17.48 | 12.70 | 6.75 | 8.42 | 4.46 | 4.06 | 3.88 |
| 85% | 3.59 | 5.13 | 9.20 | 19.92 | 12.45 | 11.60 | 7.83 | 4.72 | 4.56 | 2.11 | 0.77 | 1.59 |
| 95% | 2.37 | 4.30 | 7.67 | 17.80 | 10.30 | 10.37 | 6.35 | 4.36 | 3.75 | 1.61 | 0.08 | 1.11 |

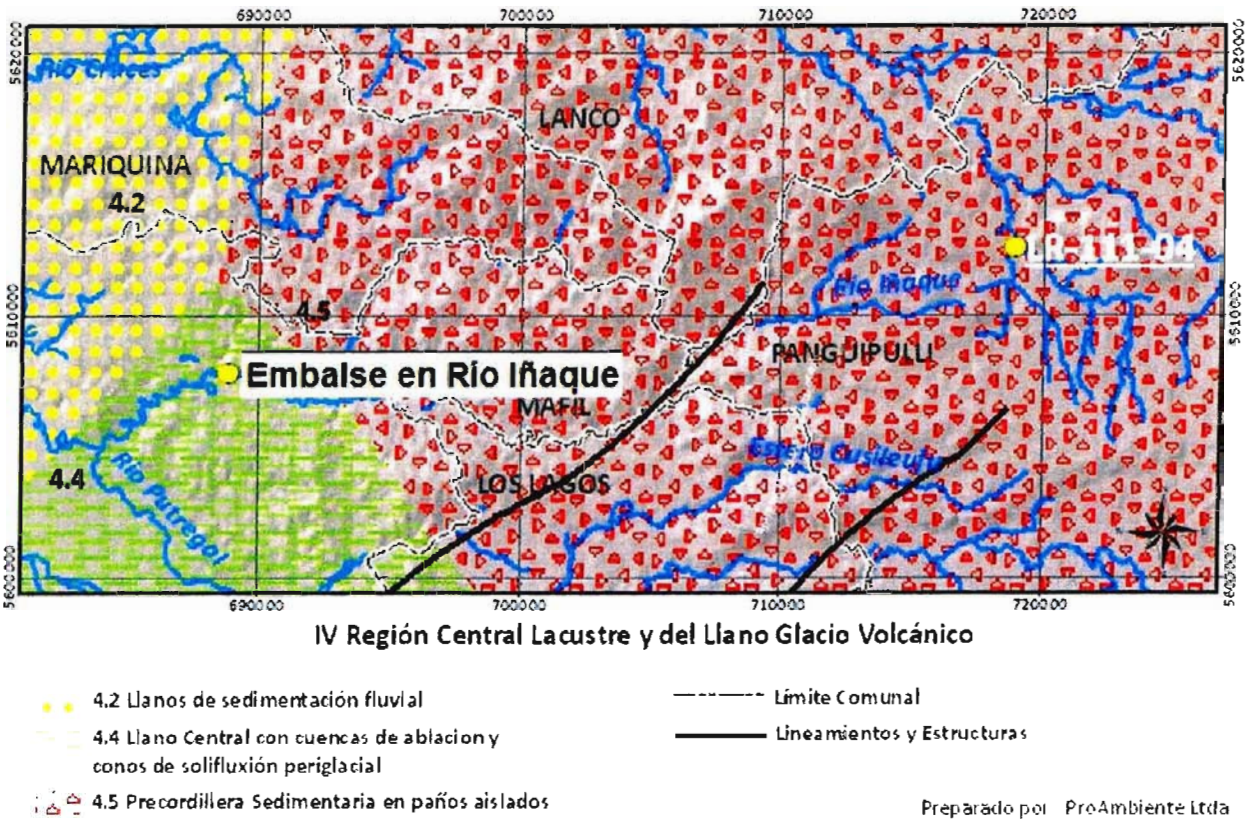
**Fuente:** Elaboración propia

## 3.5. ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

### 3.5.1 Características Geomorfoestructurales del Sitio de Presa

El sitio Pertenece a la unidad 4.4 del Llano Central con morrenas de ablación y conos de Solifluxión Periglacial. Se caracteriza por presentar una topografía fuertemente ondulada y un dominio de sedimentación de origen glacial, fluvial y volcánico en planicies y serranías menores. Hacia el oriente limita con la subregión lacustre de barrera morrenica (4.6). El patrón estructural esta dado por un sistema de: fallas inversas de bajo ángulo NNE; fallas normales NW y NS subverticales subordinado; foliaciones y pliegues que afectan al basamento metamórfico.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

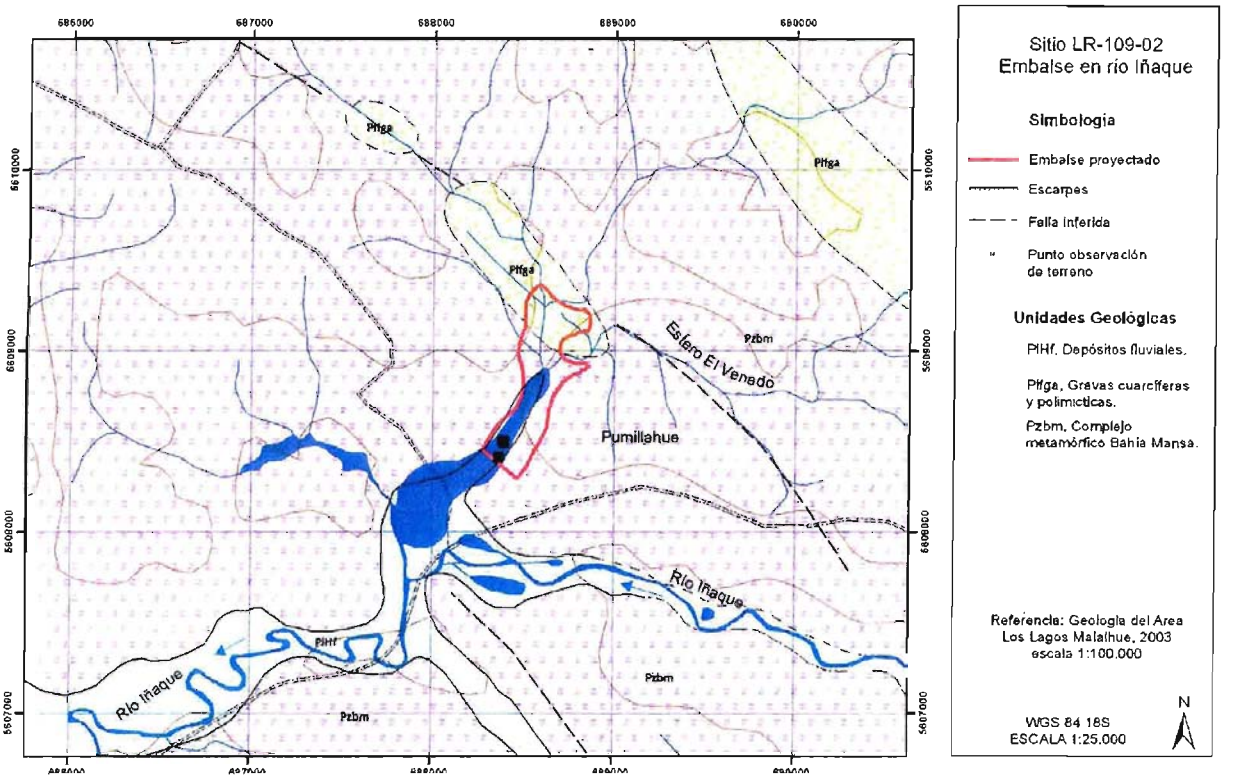



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en depósitos fluviales antiguos (PlHf) del Pleistoceno – Holoceno. Corresponden a gravas de buena selección y redondeamiento en una matriz de arena y finos oxidados de color pardorojizos. Predominio de gravas de cuarzo lechoso, esquistos e intrusivos subordinados. Se disponen sobre el basamento de rocas metamórficas paleozoicas (Pzbm). Alcanzan una potencia variable, superior a 5 m y definen niveles aterrazados. Las rocas metamórficas basales se reconocen en corte de caminos aguas arriba del sitio. La Carta IGM lo identifica lo indica como salar, lo que es incorrecto. 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

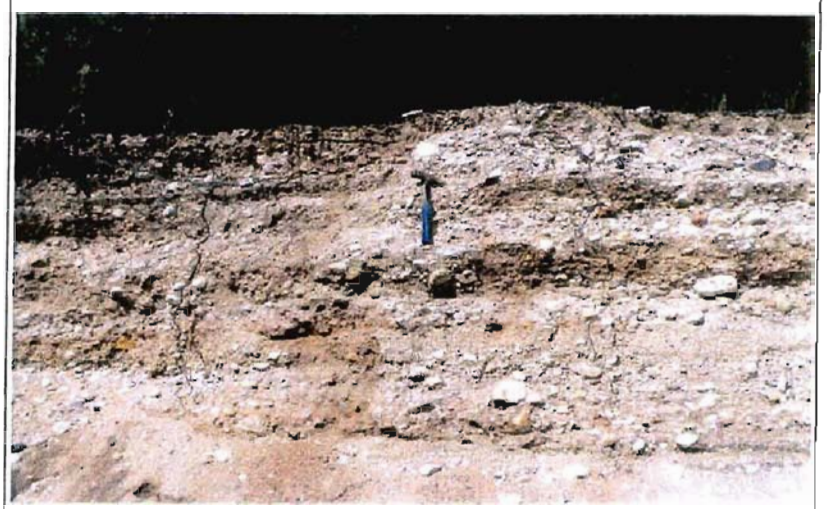
## FIGURA 3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Carta IGM identifica como salar. Corresponde a deposito de gravas monomicticas de cuarzo lechoso con patinas óxidos de fierro (antiguo lavadero de oro)Vista general del sector muro hacia aguas abajo. Localmente aguas de ácidas rojizas. | |

## FIGURA 3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Vista hacia aguas abajo, por llanura de inundación amplia de gravas de cuarzo con óxidos de fierro y oro (antiguo lavadero de placeres auríferos). | |
| Ladera derecha: afloramiento de esquistos N5W/30W foliación penetrativa | |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Ladera Izq. Terraza de gravas de cuarzo lechoso (80%); esquistos y andesitas obscuros subordinados (3 m altura) en matriz de arenas y limos arcillosos interestratificados. Excavables mecánicamente. Se disponen sobre rocas metamórficas (esquistos con cuarzo bandeado) |  |

**Fuente:**Proambiente (2012)

### 3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Sector retrabajado e irregular.

## 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 1LR, 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 ha, dentro de una envolvente de 87,5 ha.

## CUADRO 3.6.1-1
## USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 4.9 | 48.9 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 4.2 | 42.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.9 | 9.1 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **10.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 1.9 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 158.1 | 25.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 2.5 | 0.4 |
| Cereales y barbecho | 5.6 | 0.9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 448.9 | 72.4 |
| Forrajeras anuales | 3.1 | 0.5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **620.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 10.0 | 1.4 |
| Subtotal Secano | 620.0 | 86.4 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 87.5 | 12.2 |
| **TOTAL** | **717.5** | **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 elCuadro 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 la disponibilidad de derechos de agua en la zona del embalse. Adicionalmente, se analiza una segunda situación en la que no se considera la restricción de derechos de agua, para lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 4 casos, se analiza una superficie máxima de 410 ha.

Mediante el uso del balance hídrico presentado en el Anexo B, se determinaron los siguientes resultados:

- Escenario 1: Considerando las restricciones de los derechos de aguas: en este caso se podrían regar 120 ha con un embalse de tamaño 1,2 hm³.
- Escenario 2: Sin considerar la restricción de derechos, se analizaron 3 posibles tamaños de embalse, los cuales son de 1,2; 2,0 y 2,5 hm³, los que permiten el riego de 300, 510 y 630 ha, respectivamente.

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

| Ítem | Con Restricción de Derechos | | Sin Restricción de Derechos 1 | | Sin Restricción de Derechos 2 | | Sin Restricción de Derechos 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 66.0 | 55.0 | 165.0 | 55.0 | 280.5 | 55.0 | 346.5 | 55.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 54.0 | 45.0 | 135.0 | 45.0 | 229.5 | 45.0 | 283.5 | 45.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **120.0** | **100.0** | **300.0** | **100.0** | **510.0** | **100.0** | **630.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | | | |
| Frutales y viveros | 1.5 | 0.3 | 1.0 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.0 | 0.3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 130.1 | 25.5 | 84.2 | 25.5 | 30.6 | 25.5 | 0.0 | 25.5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 2.0 | 0.4 | 1.3 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| Cereales y barbecho | 4.6 | 0.9 | 3.0 | 0.9 | 1.1 | 0.9 | 0.0 | 0.9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 369.2 | 72.4 | 238.9 | 72.4 | 86.9 | 72.4 | 0.0 | 72.4 |
| Forrajeras anuales | 2.5 | 0.5 | 1.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.0 | 0.5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **510.0** | **100.0** | **330.0** | **100.0** | **120.0** | **100.0** | **0.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 120.0 | 16.7 | 300.0 | 41.8 | 510.0 | 71.1 | 630.0 | 87.8 |
| Subtotal Secano | 510.0 | 71.1 | 330.0 | 46.0 | 120.0 | 16.7 | 0.0 | 0.0 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 87.5 | 12.2 | 87.5 | 12.2 | 87.5 | 12.2 | 87.5 | 12.2 |
| **TOTAL** | **717.5** | **100.0** | **717.5** | **100.0** | **717.5** | **100.0** | 717.5 | **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 | 0,0 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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:

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

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

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

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

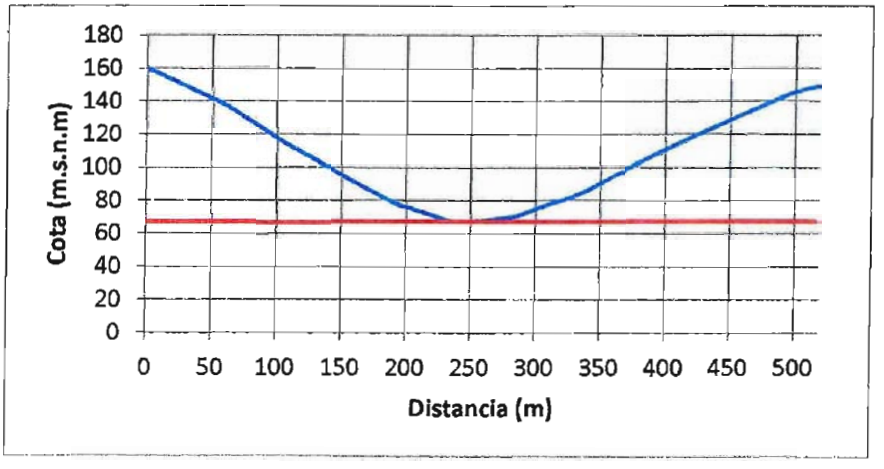
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 1,2; 2,0 y 2,5 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**



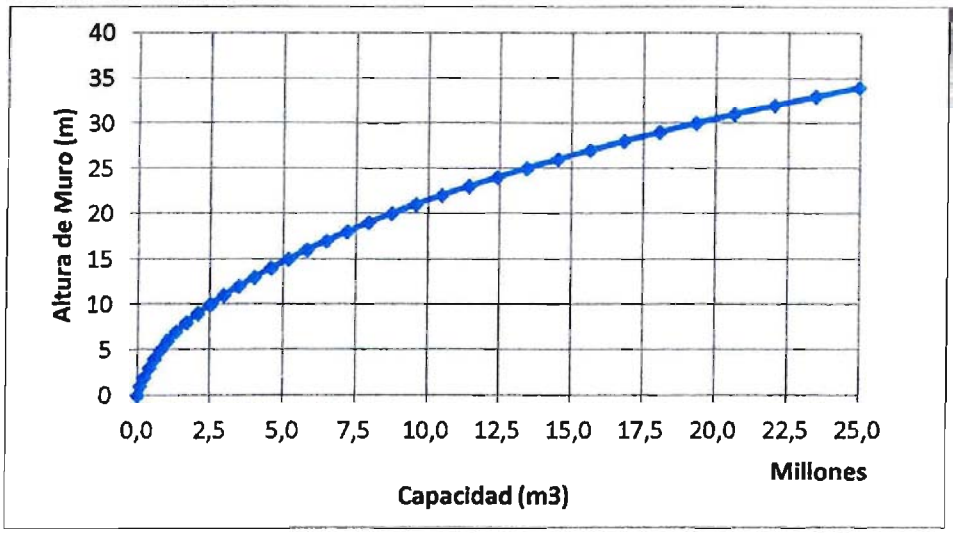

**Fuente:** Elaboración propia

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.

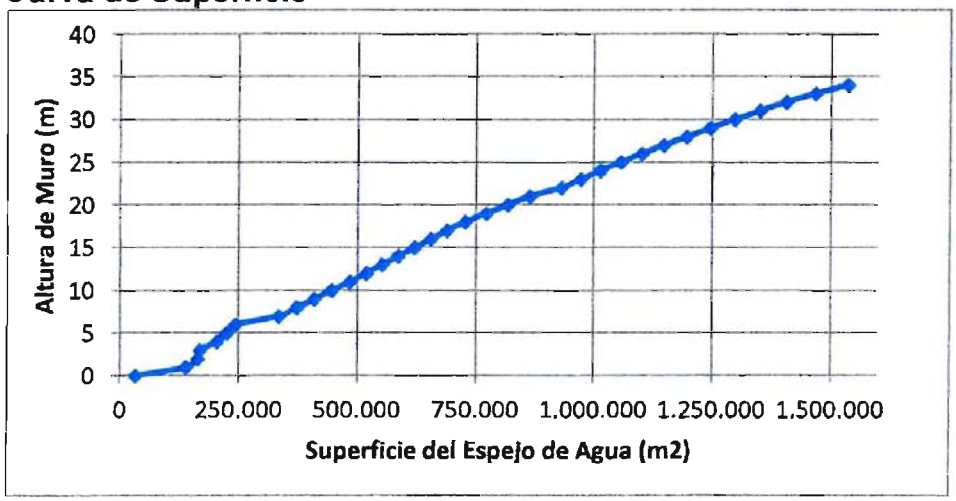
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

## 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 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.

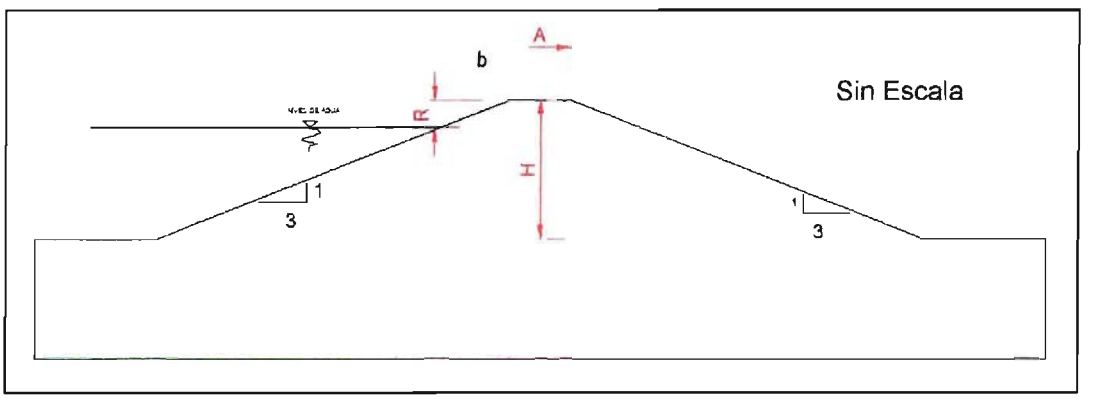
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 1,2 | 23,6 | 27,5 | 94,5 | 8,5 | 3,0 | 2,5 |
| 2,0 | 29,0 | 33,5 | 104,4 | 10,0 | 3,0 | 2,5 |
| 2,5 | 31,7 | 37,0 | 104,0 | 10,5 | 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 |
|---|---|
| **1,2** | 1,300 |
| **2,5** | 1,202 |

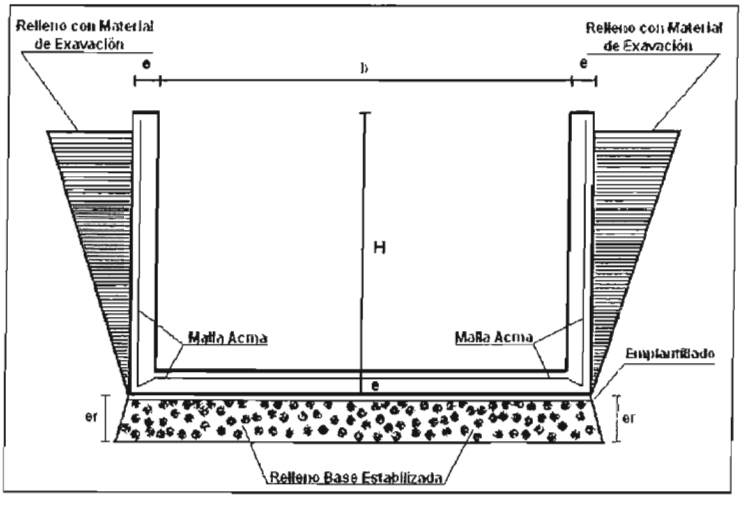
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

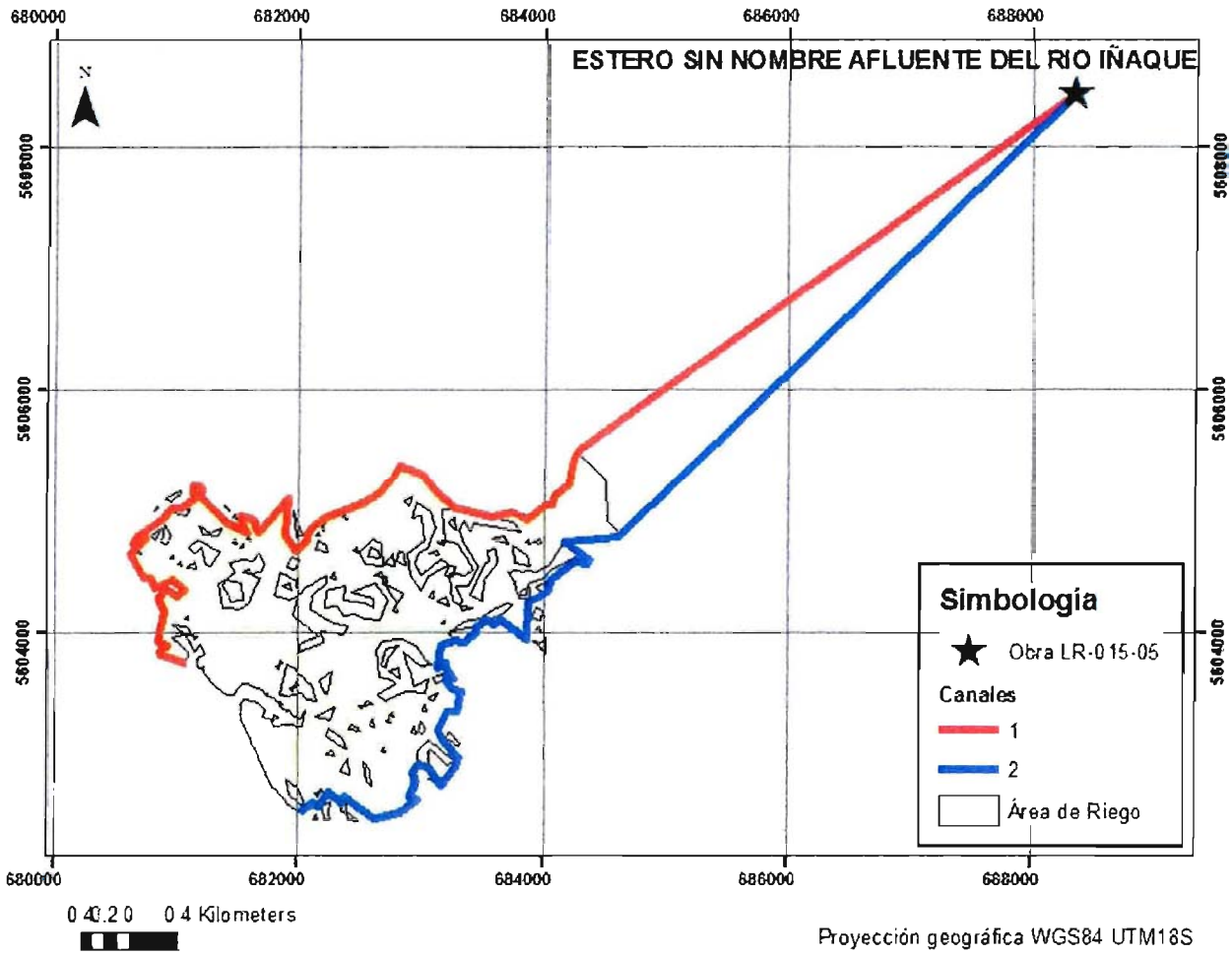
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| Alternativa | 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 | 1,2 | 120 | 5,9 | 9,5 | 0,06 | 0,4 | 0,4 | 15 | 15 |
| 2 | 1,2 | 300 | 10,2 | 11,2 | 0,11 | 0,5 | 0,4 | 15 | 15 |
| | 2,0 | 510 | 11,2 | 13,2 | 0,18 | 0,5 | 0,4 | 15 | 15 |
| | 2,5 | 630 | 12,2 | 14,2 | 0,21 | 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 20,9 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

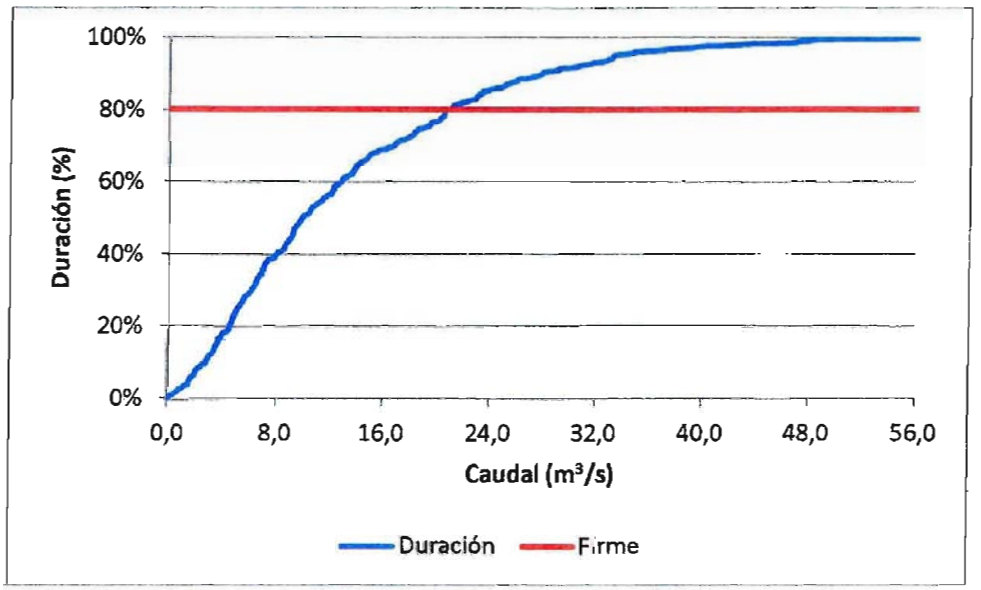
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | H Total Caída(m) | P Inst (kW) | Energía Total (MWh/año) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2 | 23,6 | 3.796 | 12.378,5 |
| 2 | 1,2 | 23,6 | 3.796 | 16.911,1 |
| | 2,0 | 29,0 | 4.666 | 21.220,6 |
| | 2,5 | 31,7 | 5.107 | 23.043,5 |

**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= 27,5 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 30.789 | 1.500 | 1.320 | 46.183.500 | 40.641.480 |
| m³ | Excavaciones | 11.343 | 5.000 | 4.800 | 56.715.000 | 54.446.400 |
| m³ | Relleno de la presa | 253.622 | 4.000 | 3.840 | 1.014.488.000 | 973.908.480 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 6.182 | 50.000 | 48.000 | 309.100.000 | 296.736.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 14.838 | 3.500 | 3.430 | 51.933.000 | 50.894.340 |
| **Total Muro** | | | | | **1.478.419.500** | **1.416.626.700** |
| **Volumen = 2,0 hm³ / h=33,5 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 40.328 | 1.500 | 1.320 | 60.492.000 | 53.232.960 |
| m³ | Excavaciones | 17.420 | 5.000 | 4.800 | 87.100.000 | 83.616.000 |
| m³ | Relleno de la presa | 443.025 | 4.000 | 3.840 | 1.772.100.000 | 1.701.216.000 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 8.532 | 50.000 | 48.000 | 426.600.000 | 409.536.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 20.476 | 3.500 | 3.430 | 71.666.000 | 70.232.680 |
| **Total Muro** | | | | | **2.417.958.000** | **2.317.833.640** |
| **Volumen = 2,5 hm³ / h=37,0 m** | | | | | | |
| **Unidad** | **Descripción** | **Cantidad** | **Precio Unitario ($)** | | **Precio Total ($)** | |
| | | | **Privado** | **Social** | **Privado** | **Social** |
| m² | Roce descepe y escarpe | 45.893 | 1.500 | 1.320 | 68.839.500 | 60.578.760 |
| m³ | Excavaciones | 20.965 | 5.000 | 4.800 | 104.825.000 | 100.632.000 |
| m³ | Relleno de la presa | 553.509 | 4.000 | 3.840 | 2.214.036.000 | 2.125.474.560 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 9.902 | 50.000 | 48.000 | 495.100.000 | 475.296.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 23.765 | 3.500 | 3.430 | 83.177.500 | 81.513.950 |
| **Total Muro** | | | | | **2.965.978.000** | **2.843.495.270** |

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

| Alternativa 1: Volumen = 1,2 hm³ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.130 | 12.594 | 11.335 | 14.231.220 | 12.808.098 |
| m³ | Hormigón H-30 | 3.119 | 99.523 | 94.547 | 310.362.476 | 294.844.352 |
| m² | Malla Acma C-295 | 20.790 | 7.877 | 7.719 | 163.762.830 | 160.487.573 |
| m² | Moldajes 3 usos | 9.753 | 8.834 | 7.951 | 86.160.947 | 77.544.852 |
| m² | Aplicación Antisol | 6.160 | 255 | 230 | 1.570.800 | 1.413.720 |
| m | Juntas de dilatación | 3.696 | 5.994 | 5.395 | 22.153.824 | 19.938.442 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **598.242.096** | **567.037.037** |
| **Alternativa 2: Volumen = 1,2 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 1.924 | 12.594 | 11.335 | 24.230.856 | 21.807.770 |
| m³ | Hormigón H-30 | 4.655 | 99.523 | 94.547 | 463.229.804 | 440.068.313 |
| m² | Malla Acma C-295 | 31.030 | 7.877 | 7.719 | 244.423.310 | 239.534.844 |
| m² | Moldajes 3 usos | 13.553 | 8.834 | 7.951 | 119.730.147 | 107.757.132 |
| m² | Aplicación Antisol | 10.700 | 255 | 230 | 2.728.500 | 2.455.650 |
| m | Juntas de dilatación | 5.564 | 5.994 | 5.395 | 33.350.616 | 30.015.554 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **887.693.232** | **841.639.264** |
| **Alternativa 2: Volumen = 2,0 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.194 | 12.594 | 11.335 | 27.631.236 | 24.868.112 |
| m³ | Hormigón H-30 | 5.307 | 99.523 | 94.547 | 528.168.561 | 501.760.133 |
| m² | Malla Acma C-295 | 35.380 | 7.877 | 7.719 | 278.688.260 | 273.114.495 |
| m² | Moldajes 3 usos | 15.453 | 8.834 | 7.951 | 136.514.747 | 122.863.272 |
| m² | Aplicación Antisol | 12.200 | 255 | 230 | 3.111.000 | 2.799.900 |
| m | Juntas de dilatación | 6.344 | 5.994 | 5.395 | 38.025.936 | 34.223.342 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.012.139.740** | **959.629.255** |
| **Alternativa 2: Volumen = 2,5 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 2.809 | 12.594 | 11.335 | 35.376.546 | 31.838.891 |
| m³ | Hormigón H-30 | 6.930 | 99.523 | 94.547 | 689.694.390 | 655.209.671 |
| m² | Malla Acma C-295 | 46.200 | 7.877 | 7.719 | 363.917.400 | 356.639.052 |
| m² | Moldajes 3 usos | 20.240 | 8.834 | 7.951 | 178.800.160 | 160.920.144 |
| m² | Aplicación Antisol | 15.840 | 255 | 230 | 4.039.200 | 3.635.280 |
| m | Juntas de dilatación | 8.448 | 5.994 | 5.395 | 50.637.312 | 45.573.581 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.322.465.008** | **1.253.816.619** |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) | Costo (UF) | Costo (US$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1,2 | 3796,0 | 9.175.121.800 | 406.119 | 18.980.000 |
| 2 | 1,2 | 3796,0 | 9.175.121.800 | 406.119 | 18.980.000 |
| | 2,0 | 4666,0 | 11.277.955.300 | 499.197 | 23.330.000 |
| | 2,5 | 5107,0 | 12.343.874.350 | 546.377 | 25.535.000 |

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. 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Superficie (ha) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,2 | 13,8 | 62.354.500,0 |
| 2 | 1,2 | 13,8 | 62.354.500,0 |
| | 2,0 | 18,8 | 84.946.710,0 |
| | 2,5 | 21,7 | 98.050.191,0 |

**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 = 1,2 hm³ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 1.478.419.500 | 1.416.626.700 |
| Obra de Desvío | 147.841.950 | 141.662.670 |
| Obra de Toma | 73.920.975 | 70.831.335 |
| Vertedero | 517.446.825 | 495.819.345 |
| Sistema de Distribución | 598.242.096 | 567.037.037 |
| Caminos de Acceso | 147.841.950 | 141.662.670 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **2.973.713.296** | **2.843.639.757** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%) | **1.784.227.978** | **1.706.183.854** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 9.175.121.800 | 9.175.121.800 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **9.175.121.800** | **9.175.121.800** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%) | **3.211.292.630** | **3.211.292.630** |
| EXPROPIACIONES | **62.354.500** | **62.354.500** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($) | **17.206.710.204** | **16.998.592.541** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | **761.655** | **752.443** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$) | **35.594.444** | **35.163.924** |

| Alternativa 2: Volumen = 1,2 hm³ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 1.478.419.500 | 1.416.626.700 |
| Obra de Desvío | 147.841.950 | 141.662.670 |
| Obra de Toma | 73.920.975 | 70.831.335 |
| Vertedero | 517.446.825 | 495.819.345 |
| Sistema de Distribución | 887.693.232 | 841.639.264 |
| Caminos de Acceso | 147.841.950 | 141.662.670 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **3.253.164.432** | **3.108.241.984** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%) | **1.951.898.659** | **1.864.945.190** |
| Minicentral Hidroeléctrica | 9.175.121.800 | 9.175.121.800 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | **9.175.121.800** | **9.175.121.800** |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%) | **3.211.292.630** | **3.211.292.630** |
| EXPROPIACIONES | **62.354.500** | **62.354.500** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($) | **17.653.832.021** | **17.421.956.104** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | **781.447** | **771.183** |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$) | **36.519.377** | **36.039.710** |

| Alternativa 3: Volumen = 2,0 hm³ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| Instalación de Faenas | 10.000.000 | 10.000.000 |
| Muro | 2.417.958.000 | 2.317.833.640 |

## CUADRO 5.5-1
## RESUMEN DE COSTOS

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 241.795.800 | 231.783.364 |
| **Obra de Toma** | 120.897.900 | 115.891.682 |
| **Vertedero** | 846.285.300 | 811.241.774 |
| **Sistema de Distribución** | 1.012.139.740 | 959.629.255 |
| **Caminos de Acceso** | 241.795.800 | 231.783.364 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **4.880.872.540** | **4.668.163.079** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **2.928.523.524** | **2.800.897.847** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 11.277.955.300 | 11.277.955.300 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **11.277.955.300** | **11.277.955.300** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **3.947.284.355** | **3.947.284.355** |
| **EXPROPIACIONES** | **84.946.710** | **84.946.710** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **23.119.582.428** | **22.779.247.291** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **1.023.388** | **1.008.323** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **47.826.033** | **47.122.003** |

**Alternativa 2: Volumen = 2,5 hm$^3$**

| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
|---|---|---|
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 2.965.978.000 | 2.843.495.270 |
| **Obra de Desvío** | 296.597.800 | 284.349.527 |
| **Obra de Toma** | 148.298.900 | 142.174.764 |
| **Vertedero** | 1.038.092.300 | 995.223.345 |
| **Sistema de Distribución** | 1.322.465.008 | 1.253.816.619 |
| **Caminos de Acceso** | 296.597.800 | 284.349.527 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **6.068.029.808** | **5.803.409.051** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.640.817.885** | **3.482.045.430** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 12.343.874.350 | 12.343.874.350 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **12.343.874.350** | **12.343.874.350** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **4.320.356.023** | **4.320.356.023** |
| **EXPROPIACIONES** | **98.050.191** | **98.050.191** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **26.471.128.256** | **26.047.735.045** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **1.171.745** | **1.153.003** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **54.759.166** | **53.883.319** |

| | |
|---|---|
| 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 | 72.984.913 | 72.984.913 | 0 | 72.984.913 | 0 | 72.984.913 | 0 | 72.984.913 | 0 |
| 1 | 77.131.897 | -92.559.879 | -169.691.776 | -225.327.606 | -302.459.503 | -380.223.287 | -457.355.184 | -468.735.105 | -545.867.002 |
| 2 | 77.131.897 | -125.840.161 | -202.972.057 | -312.517.647 | -389.649.544 | -530.308.048 | -607.439.944 | -654.759.705 | -731.891.602 |
| 3 | 77.131.897 | -203.221.365 | -280.353.261 | -515.281.194 | -592.413.091 | -879.350.995 | -956.482.892 | -1.087.390.881 | -1.164.522.778 |
| 4 | 77.131.897 | -84.941.886 | -162.073.783 | -205.432.457 | -282.564.354 | -346.004.790 | -423.136.687 | -426.331.837 | -503.463.734 |
| 5 | 77.131.897 | -72.124.533 | -149.256.429 | -146.478.322 | -223.610.219 | -233.224.410 | -310.356.306 | -282.793.603 | -359.925.499 |
| 6 | 24.172.763 | -54.712.906 | -78.885.669 | 67.319.157 | 43.146.394 | 209.689.898 | 185.517.135 | 291.044.607 | 266.871.844 |
| 7 | 45.892.315 | 172.541.218 | 126.648.903 | 451.303.878 | 405.411.563 | 776.526.982 | 730.634.667 | 962.368.756 | 916.476.441 |
| 8 | 43.819.911 | 262.456.112 | 218.636.201 | 688.754.374 | 644.934.463 | 1.186.102.347 | 1.142.282.436 | 1.470.301.189 | 1.426.481.278 |
| 9 | 48.963.655 | 327.844.308 | 278.880.653 | 850.807.624 | 801.843.969 | 1.460.931.493 | 1.411.967.838 | 1.809.573.704 | 1.760.610.049 |
| 10 | 55.846.554 | 395.014.178 | 339.167.624 | 1.013.217.591 | 957.371.037 | 1.734.454.907 | 1.678.608.352 | 2.146.590.516 | 2.090.743.961 |
| 11 | 64.634.607 | 437.409.378 | 372.774.771 | 1.107.967.267 | 1.043.332.660 | 1.890.284.805 | 1.825.650.198 | 2.337.323.398 | 2.272.688.791 |
| 12 | 67.651.971 | 441.102.687 | 373.450.716 | 1.111.660.576 | 1.044.008.606 | 1.893.978.114 | 1.826.326.143 | 2.341.016.707 | 2.273.364.736 |
| 13 | 72.984.913 | 447.411.123 | 374.426.210 | 1.117.969.013 | 1.044.984.100 | 1.900.286.551 | 1.827.301.637 | 2.347.325.144 | 2.274.340.230 |
| 14 | 77.131.897 | 308.572.884 | 231.440.987 | 745.818.682 | 668.686.785 | 1.255.938.779 | 1.178.806.883 | 1.547.435.978 | 1.470.304.081 |
| 15 | 77.131.897 | 142.334.277 | 65.202.380 | 310.268.634 | 233.136.737 | 506.192.051 | 429.060.154 | 618.148.289 | 541.016.392 |
| 16 | 77.131.897 | -145.877.736 | -223.009.633 | -444.855.329 | -521.987.226 | -793.662.520 | -870.794.417 | -992.980.916 | -1.070.112.812 |
| 17 | 76.068.724 | -12.517.360 | -88.586.084 | -93.327.677 | -169.396.401 | -187.606.380 | -263.675.104 | -241.479.924 | -317.548.648 |
| 18 | 76.872.528 | 22.696.077 | -54.176.451 | -2.371.952 | -79.244.480 | -31.617.985 | -108.490.513 | -48.330.004 | -125.202.532 |
| 19 | 24.961.985 | 55.719.891 | 30.757.907 | 177.522.826 | 152.560.841 | 319.626.250 | 294.664.265 | 400.828.206 | 375.866.221 |
| 20 | 45.899.223 | 172.546.900 | 126.647.677 | 451.307.555 | 405.408.332 | 776.528.319 | 730.629.097 | 962.368.756 | 916.469.533 |
| 21 | 43.911.287 | 262.681.459 | 218.770.172 | 688.900.187 | 644.988.900 | 1.186.155.370 | 1.142.244.083 | 1.470.301.189 | 1.426.389.902 |
| 22 | 49.216.116 | 328.251.720 | 279.035.604 | 851.071.244 | 801.855.128 | 1.461.027.355 | 1.411.811.239 | 1.809.573.704 | 1.760.357.588 |
| 23 | 56.029.130 | 395.213.920 | 339.184.791 | 1.013.346.836 | 957.317.707 | 1.734.501.905 | 1.678.472.775 | 2.146.590.516 | 2.090.561.386 |
| 24 | 64.634.607 | 437.409.378 | 372.774.771 | 1.107.967.267 | 1.043.332.660 | 1.890.284.805 | 1.825.650.198 | 2.337.323.398 | 2.272.688.791 |
| 25 | 67.651.971 | 441.102.687 | 373.450.716 | 1.111.660.576 | 1.044.008.606 | 1.893.978.114 | 1.826.326.143 | 2.341.016.707 | 2.273.364.736 |
| 26 | 72.984.913 | 447.411.123 | 374.426.210 | 1.117.969.013 | 1.044.984.100 | 1.900.286.551 | 1.827.301.637 | 2.347.325.144 | 2.274.340.230 |
| 27 | 77.131.897 | 308.572.884 | 231.440.987 | 745.818.682 | 668.686.785 | 1.255.938.779 | 1.178.806.883 | 1.547.435.978 | 1.470.304.081 |
| 28 | 76.068.724 | 141.259.989 | 65.191.265 | 309.573.507 | 233.504.782 | 505.939.277 | 429.870.553 | 618.148.289 | 542.079.565 |
| 29 | 76.872.528 | -146.290.830 | -223.163.358 | -445.122.625 | -521.995.153 | -793.759.719 | -870.632.247 | -992.980.916 | -1.069.853.444 |
| 30 | 76.857.946 | -11.868.161 | -88.726.107 | -92.907.607 | -169.765.553 | -187.453.627 | -264.311.573 | -241.479.924 | -318.337.870 |

**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 | 96.894.212 | 96.894.212 | 0 | 96.894.212 | 0 | 96.894.212 | 0 | 96.894.212 | 0 |
| 1 | 102.286.879 | -71.535.096 | -173.821.975 | -204.349.369 | -306.636.248 | -359.299.354 | -461.586.233 | -447.842.202 | -550.129.082 |
| 2 | 102.286.879 | -96.315.857 | -198.602.736 | -279.598.552 | -381.885.431 | -493.428.362 | -595.715.241 | -615.616.825 | -717.903.704 |
| 3 | 102.286.879 | -166.979.652 | -269.266.531 | -464.760.713 | -567.047.593 | -812.171.951 | -914.458.831 | -1.010.692.659 | -1.112.979.538 |
| 4 | 102.286.879 | -45.686.519 | -147.973.398 | -147.016.112 | -249.302.991 | -265.233.971 | -367.520.850 | -332.787.033 | -435.073.912 |
| 5 | 102.286.879 | -18.047.193 | -120.334.072 | -49.227.973 | -151.514.853 | -85.605.550 | -187.892.429 | -106.392.736 | -208.679.616 |
| 6 | 42.648.936 | 72.467.362 | 29.818.426 | 260.634.050 | 217.985.114 | 480.161.852 | 437.512.916 | 605.606.310 | 562.957.375 |
| 7 | 63.469.118 | 225.620.439 | 162.151.321 | 589.955.190 | 526.486.072 | 1.015.012.400 | 951.543.282 | 1.257.902.234 | 1.194.433.116 |
| 8 | 62.599.940 | 346.798.086 | 284.198.146 | 875.266.255 | 812.666.315 | 1.491.812.453 | 1.429.212.513 | 1.844.124.566 | 1.781.524.625 |
| 9 | 69.174.620 | 417.652.554 | 348.477.934 | 1.060.909.602 | 991.734.982 | 1.811.376.157 | 1.742.201.538 | 2.240.214.189 | 2.171.039.570 |
| 10 | 77.154.221 | 493.636.975 | 416.482.754 | 1.248.503.741 | 1.171.349.519 | 2.129.181.634 | 2.052.027.412 | 2.632.426.144 | 2.555.271.923 |
| 11 | 86.810.898 | 542.872.320 | 456.061.422 | 1.362.202.565 | 1.275.391.666 | 2.318.087.850 | 2.231.276.952 | 2.864.308.013 | 2.777.497.115 |
| 12 | 90.634.478 | 553.758.738 | 463.124.260 | 1.373.013.472 | 1.282.378.993 | 2.328.810.661 | 2.238.176.183 | 2.874.980.484 | 2.784.346.006 |
| 13 | 96.894.212 | 558.226.901 | 461.332.688 | 1.377.481.635 | 1.280.587.422 | 2.333.278.824 | 2.236.384.612 | 2.879.448.647 | 2.782.554.434 |
| 14 | 102.286.879 | 405.171.551 | 302.884.671 | 964.805.242 | 862.518.363 | 1.617.711.215 | 1.515.424.336 | 1.990.800.343 | 1.888.513.464 |
| 15 | 102.286.879 | 219.092.258 | 116.805.378 | 466.942.931 | 364.656.052 | 756.102.050 | 653.815.171 | 921.335.833 | 819.048.953 |
| 16 | 102.286.879 | -109.636.023 | -211.922.903 | -394.334.848 | -496.621.727 | -726.483.477 | -828.770.356 | -916.282.693 | -1.018.569.573 |
| 17 | 101.293.481 | 27.812.295 | -73.481.185 | -34.216.204 | -135.509.685 | -106.582.787 | -207.876.268 | -147.935.120 | -249.228.601 |
| 18 | 101.977.983 | 76.155.413 | -25.822.570 | 94.478.513 | -7.499.471 | 115.855.462 | 13.877.479 | 128.070.862 | 26.092.879 |
| 19 | 43.324.397 | 181.782.922 | 138.458.525 | 370.114.800 | 326.790.403 | 589.835.324 | 546.510.927 | 715.389.909 | 672.065.512 |
| 20 | 63.511.265 | 226.176.060 | 162.664.796 | 590.314.710 | 526.803.445 | 1.015.143.135 | 951.631.870 | 1.257.902.234 | 1.194.390.970 |
| 21 | 62.731.312 | 346.832.755 | 284.101.443 | 875.288.688 | 812.557.376 | 1.491.820.610 | 1.429.089.298 | 1.844.124.566 | 1.781.393.253 |
| 22 | 69.441.369 | 417.914.083 | 348.472.714 | 1.061.078.826 | 991.637.457 | 1.811.437.694 | 1.741.996.325 | 2.240.214.189 | 2.170.772.821 |
| 23 | 77.340.786 | 494.070.345 | 416.729.558 | 1.248.784.156 | 1.171.443.370 | 2.129.283.603 | 2.051.942.817 | 2.632.426.144 | 2.555.085.357 |
| 24 | 86.810.898 | 543.086.267 | 456.275.369 | 1.362.341.001 | 1.275.530.103 | 2.318.138.191 | 2.231.327.292 | 2.864.308.013 | 2.777.497.115 |
| 25 | 90.634.478 | 553.758.738 | 463.124.260 | 1.373.013.472 | 1.282.378.993 | 2.328.810.661 | 2.238.176.183 | 2.874.980.484 | 2.784.346.006 |
| 26 | 96.894.212 | 558.226.901 | 461.332.688 | 1.377.481.635 | 1.280.587.422 | 2.333.278.824 | 2.236.384.612 | 2.879.448.647 | 2.782.554.434 |
| 27 | 102.286.879 | 405.171.551 | 302.884.671 | 964.805.242 | 862.518.363 | 1.617.711.215 | 1.515.424.336 | 1.990.800.343 | 1.888.513.464 |
| 28 | 101.293.481 | 219.092.258 | 117.798.777 | 466.942.931 | 365.649.450 | 756.102.050 | 654.808.569 | 921.335.833 | 820.042.352 |
| 29 | 101.977.983 | -110.667.121 | -212.645.104 | -395.002.029 | -496.980.012 | -726.726.088 | -828.704.071 | -916.282.693 | -1.018.260.677 |
| 30 | 101.968.942 | 27.344.257 | -74.624.686 | -34.519.053 | -136.487.995 | -106.692.913 | -208.661.856 | -147.935.120 | -249.904.062 |

**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, 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 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 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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Embalse y Obras Anexas | | Distribución | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Privado | Social | Privado | Social |
| 1 | 1,2 | 3.800.753.920 | 3.642.564.352 | 957.187.354 | 907.259.259 |
| 2 | 1,2 | 3.784.753.920 | 3.626.564.352 | 1.420.309.171 | 1.346.622.822 |
| | 2,0 | 6.189.972.480 | 5.933.654.118 | 1.619.423.583 | 1.535.406.807 |
| | 2,5 | 7.592.903.680 | 7.279.347.891 | 2.115.944.013 | 2.006.106.590 |

**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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Potencia (kW) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,2 | 3.796 | 12.386.414.430 |
| 2 | 1,2 | 3.796 | 12.386.414.430 |
| | 2,0 | 4.666 | 15.225.239.655 |
| | 2,5 | 5.107 | 16.664.230.373 |

**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 que en ambos casos el proyecto no es rentable, tanto a precios privados como sociales. La evaluación se presenta en el Anexo E.

**CUADRO 6.5-1**
**RESULTADO EVALUACIÓN ECONÓMICA**

| Sin Hidrogeneración | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Alt | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 1,2 | -5.296,1 | -1,11 | - | -3.937,5 | -0,87 | -1,7% |
| 2 | 1,2 | -4.775,4 | -0,92 | 2,6% | -740,5 | -0,15 | 5,1% |
| | 2,0 | -6.507,7 | -0,83 | 3,9% | 617,9 | 0,08 | 6,5% |
| | 2,5 | -7.955,4 | -0,82 | 4,0% | 936,1 | 0,10 | 6,6% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | | |
| Alt | Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1 | 1,2 | -14.101,8 | -0,82 | - | -9.967,7 | -0,59 | 0,2% |
| 2 | 1,2 | -11.941,7 | -0,68 | 3,1% | -3.969,3 | -0,23 | 4,1% |
| | 2,0 | -15.159,7 | -0,66 | 3,8% | -3.082,9 | -0,14 | 5,0% |
| | 2,5 | -17.491,2 | -0,66 | 3,8% | -3.227,4 | -0,12 | 5,1% |

**Fuente:** Elaboración propia

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir del análisis, dado el interés regional por el proyecto, y aunque los indicadores de rentabilidad son marginales, pero positivos, se sugiere continuar con el análisis de este proyecto, para un volumen de regulación cercano a los 2,5 $hm^3$

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, que a nivel de perfil no es rentable como el proyecto de riego, por lo que se requiere un análisis de mayor profundidad.

# 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 IÑAQUE
# 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 1LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 48,9 | 50,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 42,0 | 38,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 9,1 | 12,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,3 | 0,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 25,5 | 25,5 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,4 | 0,4 |
| Cereales y barbecho | 0,9 | 0,9 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 72,4 | 72,4 |
| Forrajeras anuales | 0,5 | 0,5 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 67,0 | 39,0 | 29,0 | 35,0 | 56,0 | 62,0 | 107,0 | 104,0 | 189,0 | 183,0 | 171,0 | 99,0 | 1.141,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,8 | 34,1 | 85,6 | 109,2 | 198,5 | 142,7 | 85,5 | 0,0 | 672,4 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 63,7 | 37,1 | 27,6 | 33,3 | 53,2 | 58,9 | 101,7 | 98,8 | 179,6 | 173,9 | 162,5 | 94,1 | 1.084,4 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 23,6 | 44,9 | 104,0 | 211,7 | 179,3 | 126,5 | 0,0 | 690,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95,0 | 115,0 | 101,0 | 115,0 | 132,0 | 109,0 | 129,0 | 73,0 | 67,0 | 12,0 | 108,0 | 120,0 | 1.176,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 36,2 | 131,5 | 130,7 | 0,0 | 0,0 | 298,4 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 25,8 | 112,6 | 161,9 | 54,5 | 0,0 | 354,8 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 144,7 | 167,3 | 18,5 | 0,0 | 361,5 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 402,0 | 1.461,0 | 1.452,0 | 0,0 | 0,0 | 3.315,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 344,0 | 1.501,0 | 2.159,0 | 727,0 | 0,0 | 4.731,0 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 689,0 | 3.216,0 | 3.718,0 | 411,0 | 0,0 | 8.034,0 |

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

**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 | 403,6 | 1.636,8 | 1.954,3 | 342,6 | 0,0 | 4.337,3 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 414,4 | 1.686,8 | 1.992,6 | 325,6 | 0,0 | 4.419,4 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 RÍO IÑAQUE
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

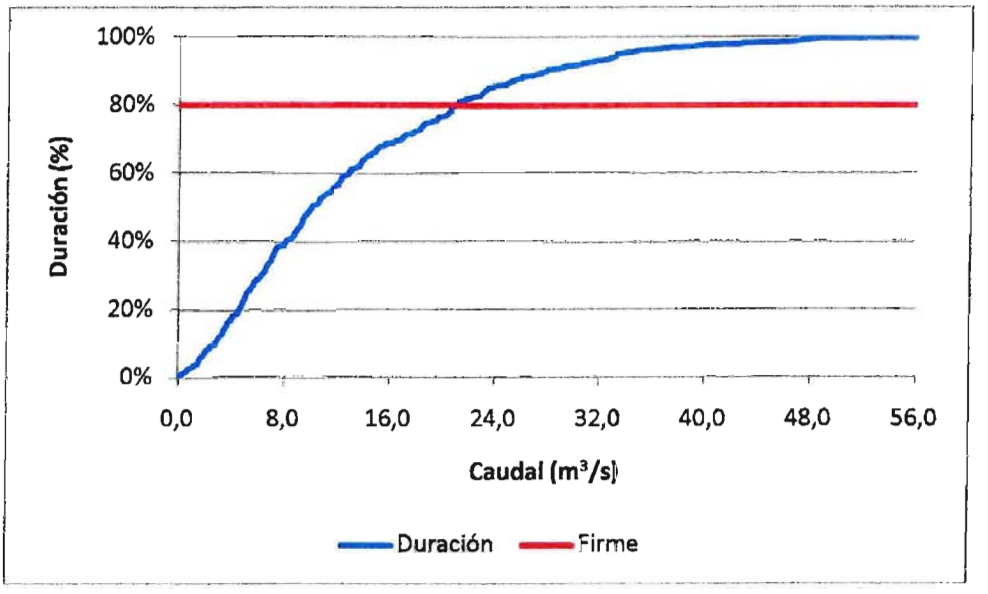
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 IÑAQUE
# 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.

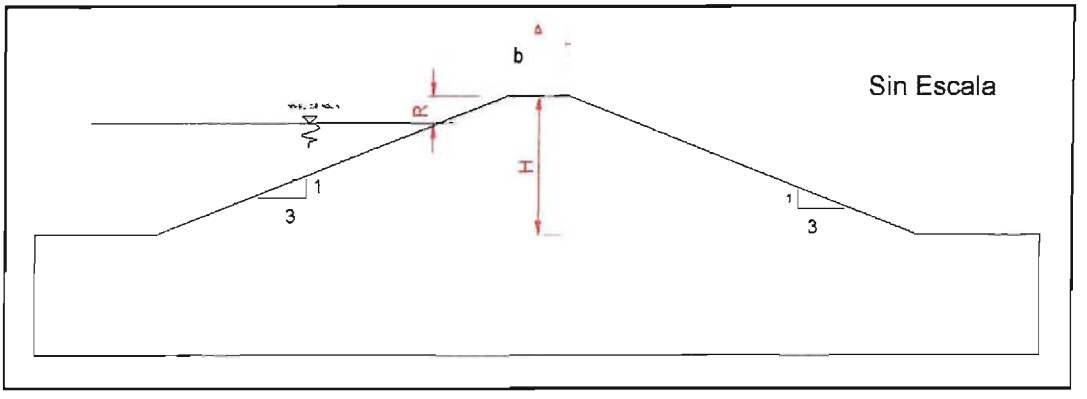
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 1,2 | 23,6 | 27,5 | 94,5 | 8,5 | 3,0 | 2,5 |
| 2,5 | 31,7 | 37 | 104,0 | 10,5 | 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.

**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 | SC | 41 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |
| 2,5 | SC | 41 | 2,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

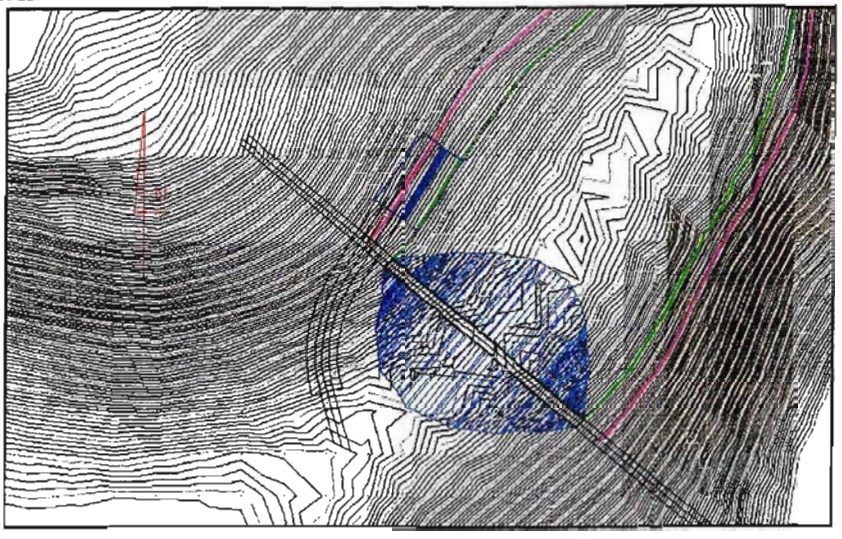
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **1,2** | 1,300 |
| **2,5** | 1,202 |

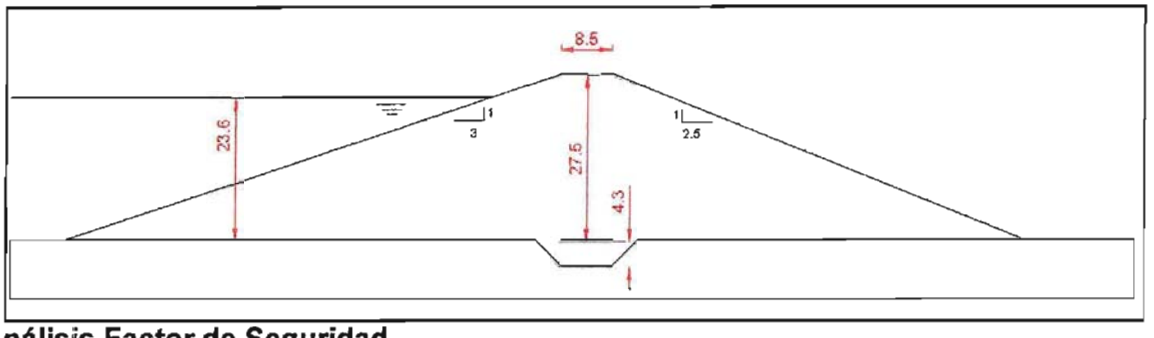
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 1,2 hm$^3$**

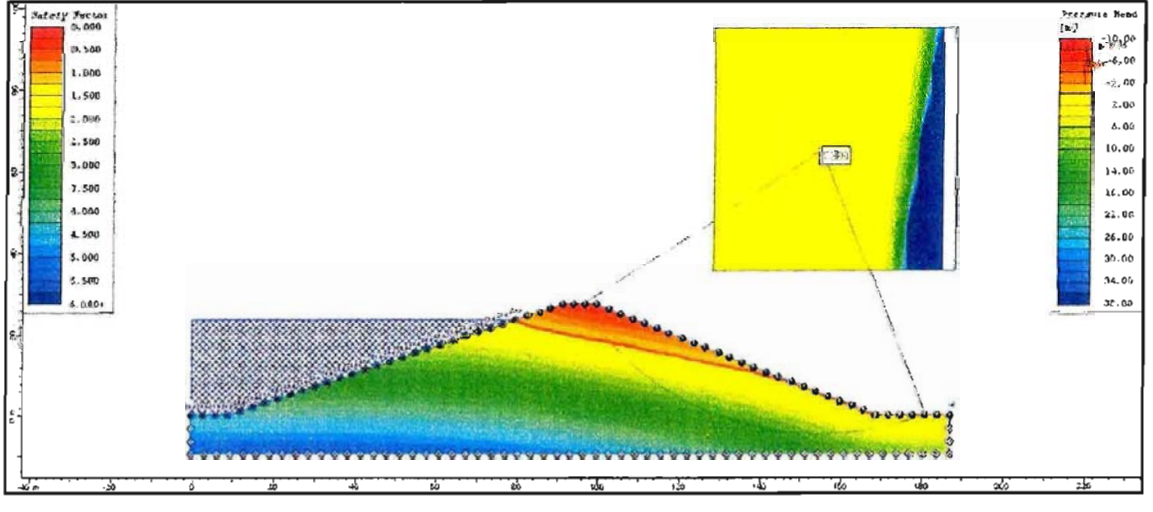
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



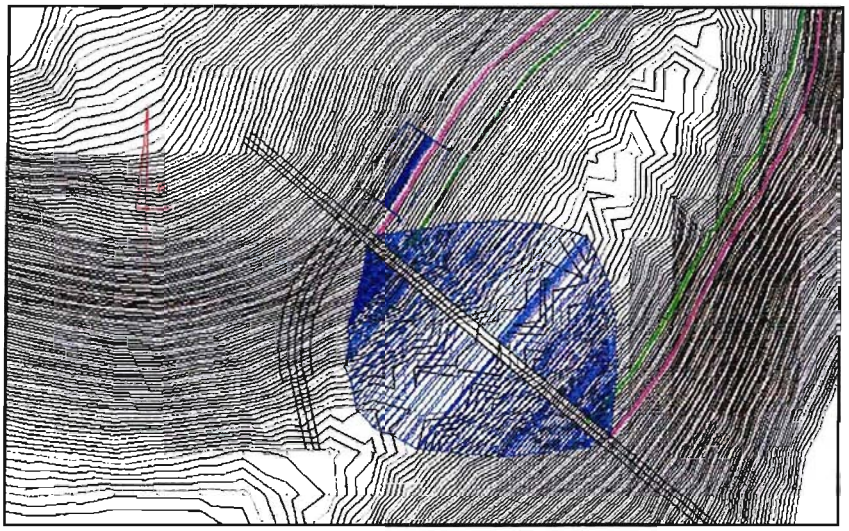

**Análisis Factor de Seguridad**



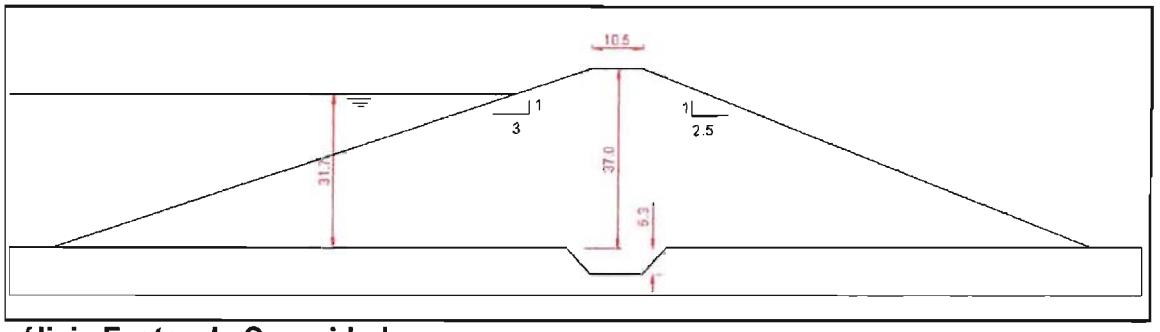
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 2,5 hm$^3$**

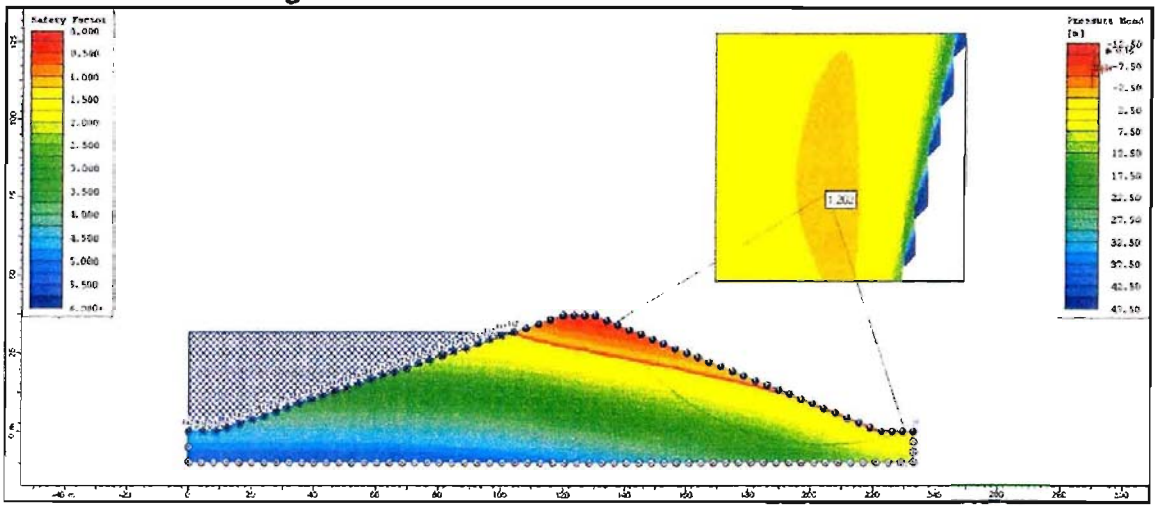
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico

# PERFIL #10:

# EMBALSE EN ESTERO NALCALGUE

# COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

## ESTUDIO DE PERFIL

## "CONTRUCCION EMBALSE EN ESTERO NALCAHUE (LR-120-05)"

**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. | 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 | 14 |
| 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 44
6.5. RESULTADOS 44

**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 Nalcahue**"; proyecto que contempla aumentar la disponibilidad hídrica y seguridad para riego en la cuenca del estero Nalcahue comuna de Los Lagos, 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 Nalcahue 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 Nalcahue.

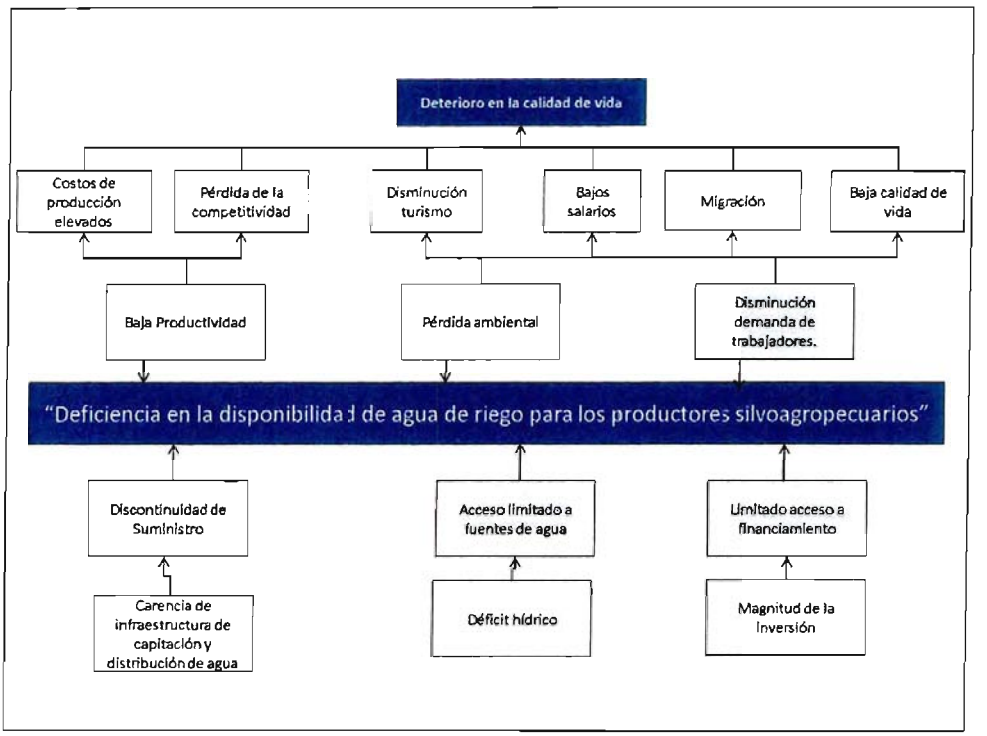
## 2.2. ANÁLISIS DE LOS INVOLUCRADOS

Dentro de la cuenca del estero Nalcahue, existen 5.200 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 1.200 ha potenciales de frutales, 3.600 ha potenciales de praderas, y cerca de 400 ha potenciales de cultivos anuales. A este nivel de perfil, no es aconsejable desagregar a nivel de estratos ya que se requeriría una validación en terreno para verificar los resultados.

## 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**

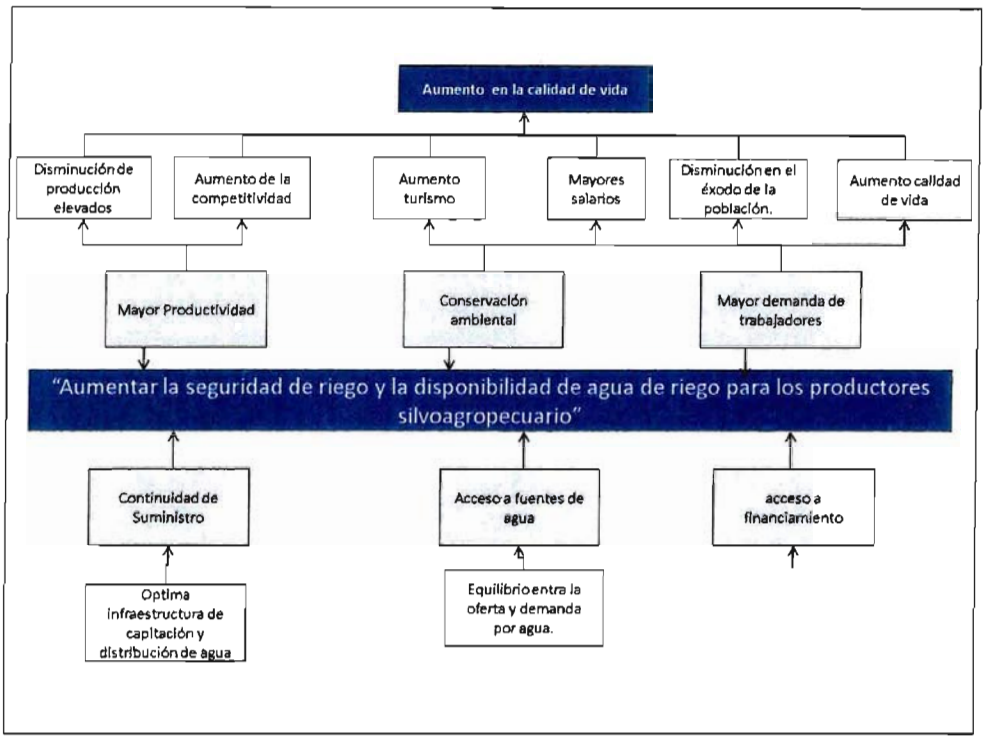



**Fuente:** Perfil Embalse Esperanza (CNR)

## 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. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PROPUESTAS

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. Se hace notar que para este embalse, la información disponible indica que hay disponibilidad de derechos de agua durante el año.

# 3. DIAGNÓSTICO

## 3.1. DESCRIPCIÓN ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en la cuenca hidrográfica del río Valdivia, en la provincia de Valdivia, Región de Los Ríos, Chile central (5.578.875N, 709.625E) la que se caracteriza por poseer una cadena de lagos en la parte alta dispuesta en serie. La superficie de la cuenca perteneciente a la provincia corresponde a 8.715 km². En menor superficie se encuentran otras 2 cuencas con 764 km² (DGA, 2004a) y 627 km² (DGA, 2004b).

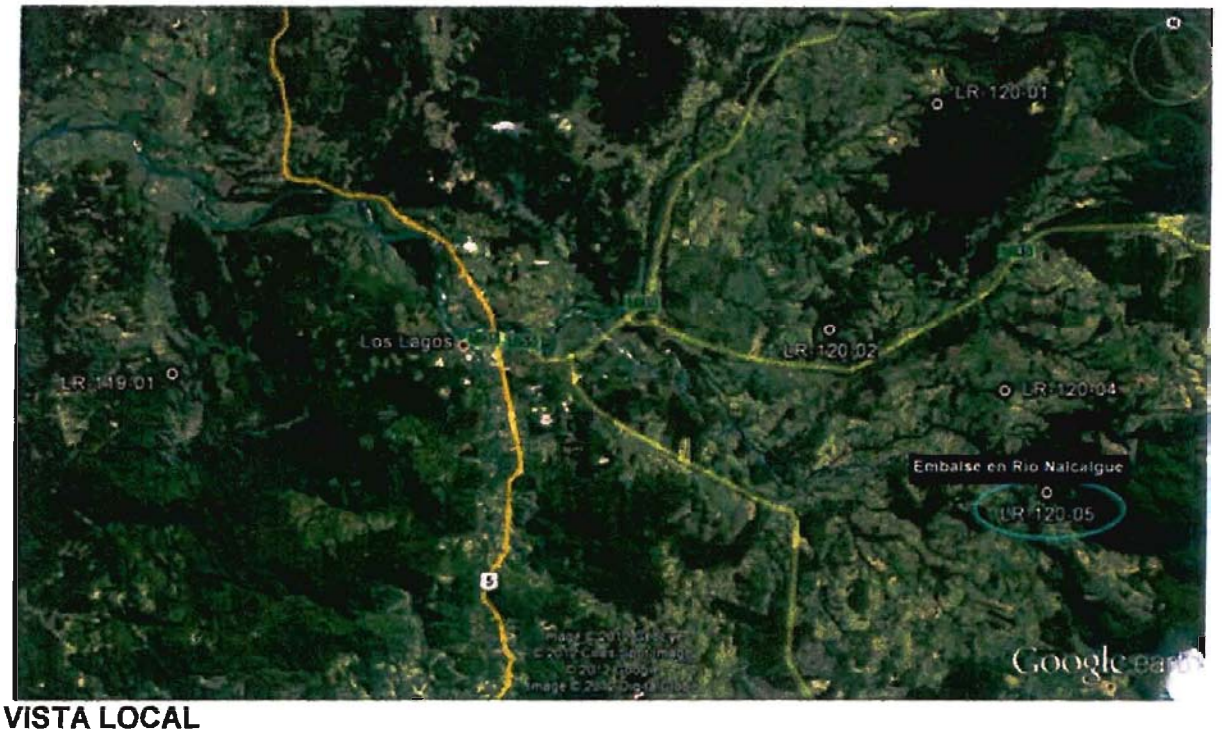
La provincia de Valdivia, se caracteriza por poseer un Clima Marino Cálido en la zona occidental, con un promedio de mínimas absolutas entre -2,5 y 7°C, presentándose un promedio de mínimas diarias del mes más frio, superior a 8°C y un promedio de máximas diarias, del mes más frio, entre 10° y 21°C; y un Clima Mediterráneo 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, y en las zonas altas de la Cordillera de Los Andes, las temperaturas más bajas del mes más frío oscilan entre 29°C y -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 (INIA, 1989).Se encuentra presente el Agroclima Valdivia en el que su régimen hídrico se caracteriza por una precipitación anual de 2.532 mm. La Evapotranspiración de bandeja llega a 807 mm. anuales con un máximo en enero de 152 mm y un mínimo mensual en junio de 11 mm. Existen sólo dos meses no húmedos, enero y febrero, ausentándose la estación seca. También se destaca el Agroclima Lagos, rodeado de cuerpos lacustres como el Calafquén y Riñihue, produciendo un efecto que disminuye la exposición a heladas en sus inmediaciones (INIA, 1989).

La precipitación anual en la provincia es superior a los 1.500 mm en la mayor parte de sus comunas, registrando en la ciudad de Valdivia 2307 mm anuales y en zonas cordilleranas se superan los 4.000 mm anuales (Montaldo et al., 1987).

La zona de riego se encuentra inmediatamente hacia aguas abajo de la obra. Corresponde a terrenos de lomajes suaves actualmente en general con empastadas y pequeña agricultura de subsistencia en el área de Pucará, Quiquilco y Pichihue. (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. 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 posible de riego para la obra en cuestión corresponde a 5.200 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 Los Lagos y está compuesta por un total de 20.168 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 Ríos** | 453.549 | 50% | 50% |
| **Provincia de Valdivia** | 356.396 | 50% | 50% |
| **Comuna de Los Lagos** | 20.168 | 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 47% de la población vive en la ciudad y el 53% restante de la población es rural (INE, 2002).

Respecto a la composición de la fuerza laboral en el Cuadro 3.3-2 se pueden apreciar las cifras regionales, donde el sector silvoagropecuario representa el 23% de la fuerza laboral. En términos generales la población de quince años y más se distribuye en un 43% de ocupados, 5% de desocupados y 52 de población inactiva.

El nivel de pobreza en la Comuna de Los Lagos, considerando indigentes y no indigentes es de 10,96% y corresponde a 670 habitantes, como se puede observar en el Cuadro 3.3-3.

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

| CATEGORÍA OCUPACIONAL | ACTIVIDAD | | TOTAL |
|---|---|---|---|
| | Otras actividades de la economía | Silvoagropecuaria | |
| Ocupado | 94.072 | 28.316 | 122.388 |
| % | 76,86% | 23,14% | 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 los Hogares | 2003 | 2006 | 2009 | % según Territorio (2009) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Comuna de Los Lagos | Región | País |
| **Pobre Indigente** | 502 | 156 | 86 | 1,41 | 5,27 | 3,44 |
| **Pobre No Indigente** | 1022 | 386 | 584 | 9,55 | 11,5 | 9,3 |
| **No Pobres** | 3914 | 5029 | 5443 | 89,04 | 83,23 | 87,26 |
| **Total** | 5438 | 5571 | 6113 | 100 | 100 | 100 |

**Fuente:**Encuesta CASEN 2003, 2006, 2009.

## 3.4. RECURSOS HÍDRICOS

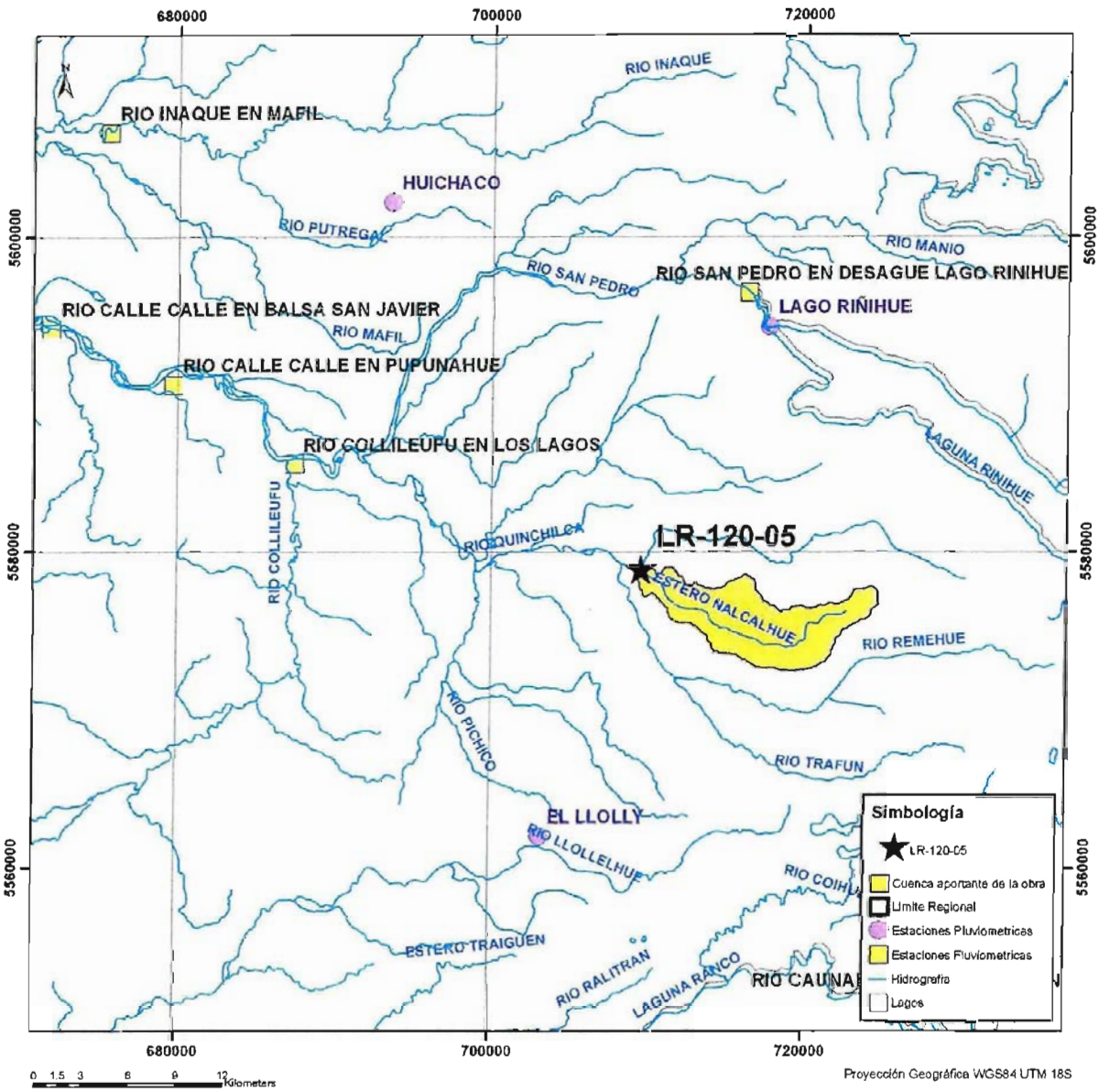
La cuenca es pluvio-nival con una precipitación media de 3.122 mm y un caudal medio de 4,6 m³/s. Cabe indicar que el porcentaje del área que esta por sobre la línea de nieve es menor al 5 % del total y por tanto se considera que la distribución mensual del caudal es proporcional a la precipitación ya que no se ve afectada por la acumulación de nieve en la zona alta de la cuenca.La zona queda caracterizada por la estación pluviométrica Lago Riñihue. Los caudales fueron determinados mediante una relación precipitación-escorrentía dado el tamaño reducido de la cuenca. Por otra parte, la estación fluviométrica Río San Pedro en Desagüe Lago Riñihue está influenciada por el Lago Riñihue, lo que impide determinar el recurso disponible por métodos de trasposición de caudales.

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 A.

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

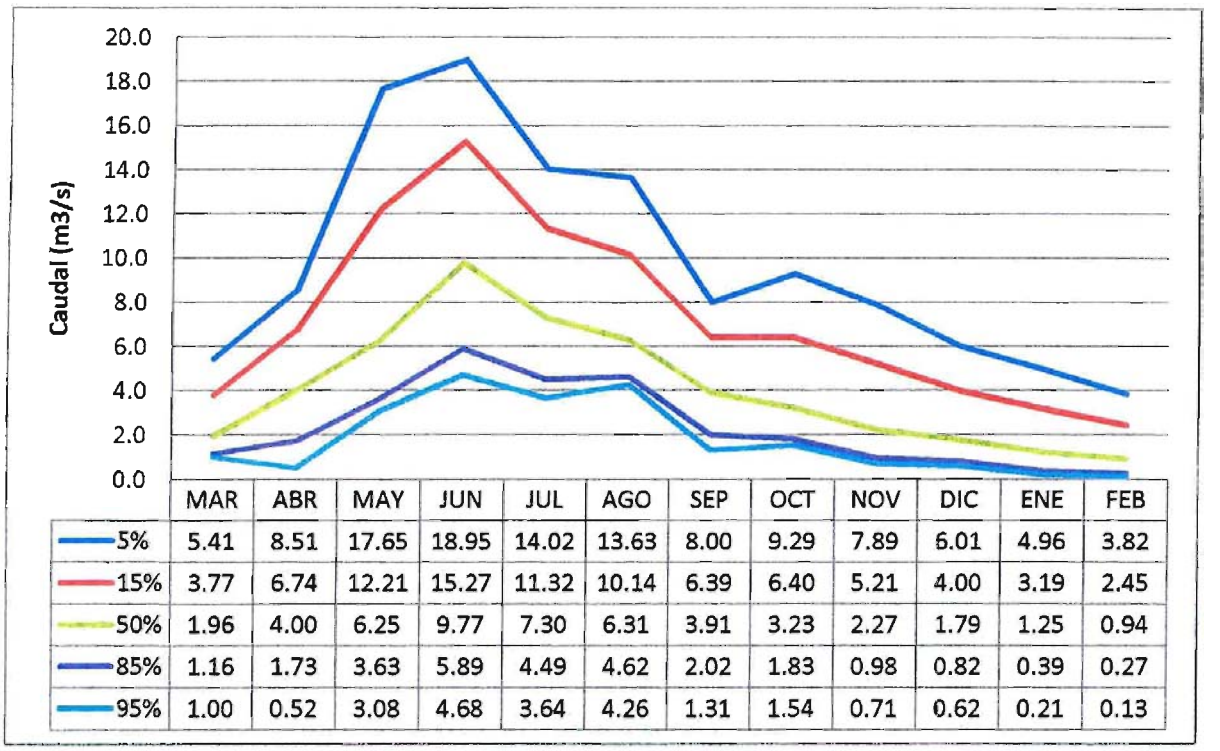
Usando la información generada, se determinó la curva de variación estacional de los recursos, la que se muestra en la Figura 3.4-2.

**FIGURA 3.4-1**
**UBICACIÓN ESTACIONES DE CONTROL**




**Fuente:** Elaboración propia usando

**FIGURA 3.4-2**
**CURVA DE VARIACIÓN ESTACIONAL ESTERO NALCAHUE**




| | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | ENE | FEB |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5% | 5.41 | 8.51 | 17.65 | 18.95 | 14.02 | 13.63 | 8.00 | 9.29 | 7.89 | 6.01 | 4.96 | 3.82 |
| 15% | 3.77 | 6.74 | 12.21 | 15.27 | 11.32 | 10.14 | 6.39 | 6.40 | 5.21 | 4.00 | 3.19 | 2.45 |
| 50% | 1.96 | 4.00 | 6.25 | 9.77 | 7.30 | 6.31 | 3.91 | 3.23 | 2.27 | 1.79 | 1.25 | 0.94 |
| 85% | 1.16 | 1.73 | 3.63 | 5.89 | 4.49 | 4.62 | 2.02 | 1.83 | 0.98 | 0.82 | 0.39 | 0.27 |
| 95% | 1.00 | 0.52 | 3.08 | 4.68 | 3.64 | 4.26 | 1.31 | 1.54 | 0.71 | 0.62 | 0.21 | 0.13 |

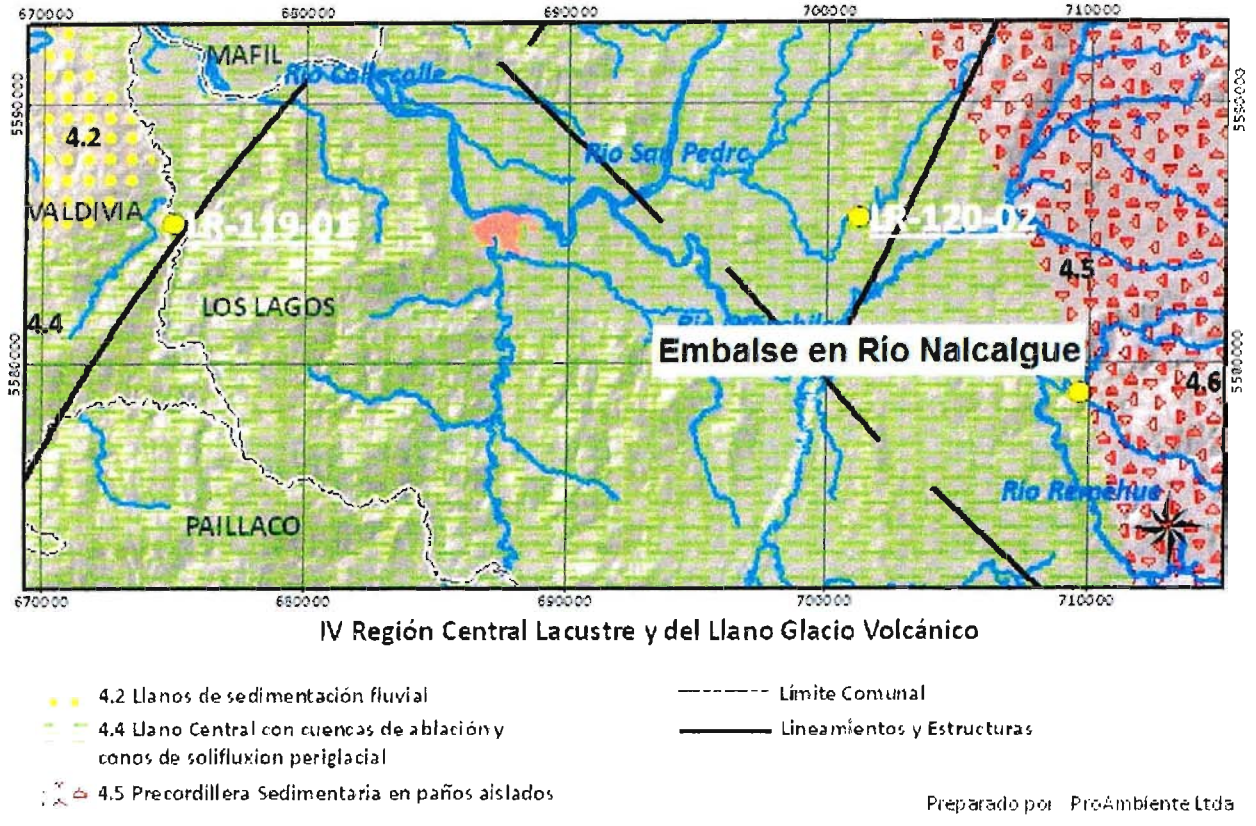
**Fuente:** Elaboración propia

## 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. Presenta un predominio de lomajes y terrazas disectadas en U con laderas abruptas, dispuestas sobre un basamento de rocas metamórficas. Lomajes suaves a medios con predominancia de praderas naturales para ganadería.En la Figura 3.5.1-1se presenta el esquema geomorfoestructural regional.

**FIGURA3.5.1-1**
**ESQUEMA GEOMORFOESTRUCTURAL REGIONAL**

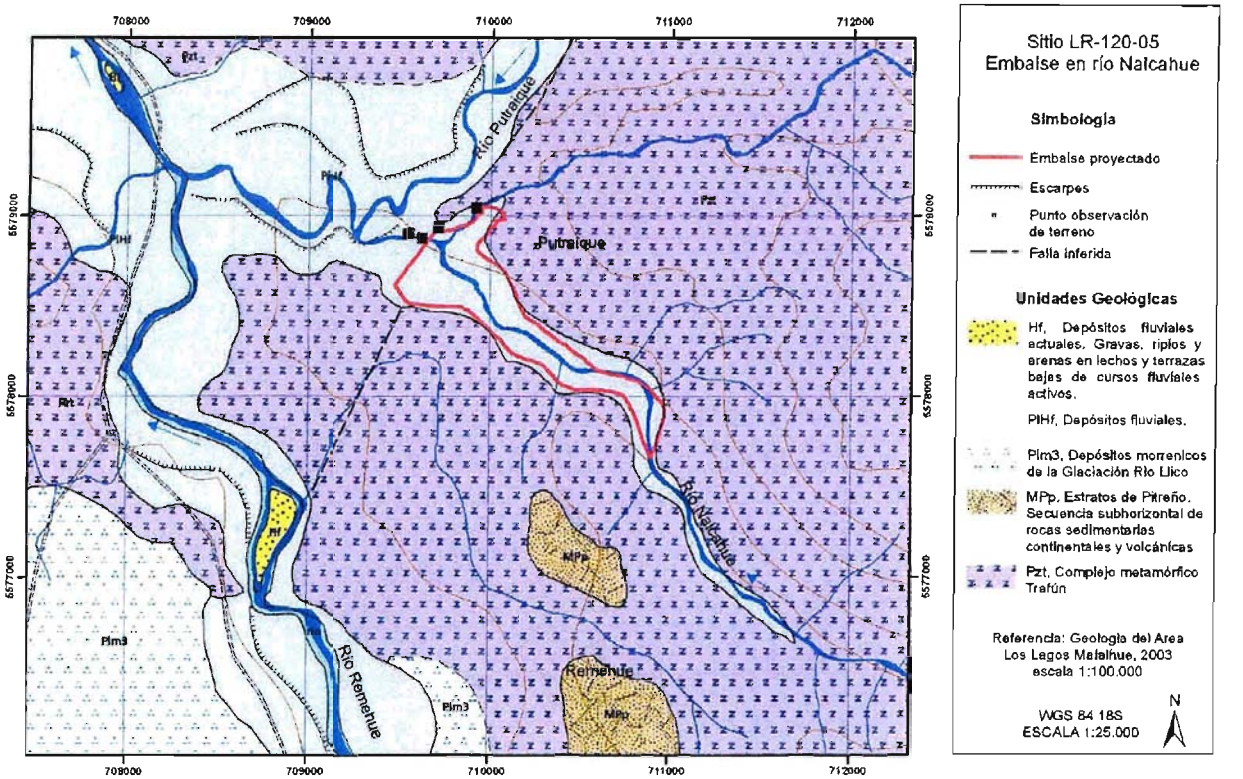



**Fuente:**Proambiente (2012)

## 3.5.2 Caracterización Geológica del sitio

Se emplaza en la unidad de gravas y arenas fluviales (PlHf) con gravas de moderada a buena selección inmersas en matriz de arenas gruesas a medias. Localmente presenta limos laminados y lentes de finos. Se observa estratificación cruzada, laminar y en general responde a un deposito que alcanza potencias superiores a los 20 m. Presenta una compacidad media y localmente baja, soporta taludes subverticales no obstante la presencia de arenas y limos arenosos facilitan procesos de inestabilidades. Hacia ladera derecha del sitio, afloran rocas metamórficas (PzT) correspondientes a esquistos con cuarzo bandeado, fracturados y con salvandas arcillosas, asociado a falla N40E subvertical. Se infiere a ambos lados de la presa la existencia de rocas metamórficas con cubiertas de espesores mayores en sector izquierdo de la quebrada. 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 abajo, ladera derecha afloramiento de esquistos micáceos y potente cubierta de gravas y arenas fluviales. | |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Ladera izquierda: terraza de gravas y arenas fluviales (PlHf) > 30 m de potencia.Explotación de áridos. Traza falla NS | |

## FIGURA 3.5.2-2
## ÁLBUM FOTOGRÁFICO

| | |
|---|---|
| Ladera derecha de presa, afloramiento de esquistos micáceos con cuarzo en bandas, visible en talud de camino | |
| | |

**FIGURA 3.5.2-2**
**ÁLBUM FOTOGRÁFICO**

| | |
|---|---|
| Falla N40E/subvertical en esquistos micáceos bloque derecho sube respecto a sector izquierdo de quebrada Nalcahue. Aguas abajo de puente, esquistos micáceos y salvandas arcillosas con cubierta de gravas gruesas y suelos rojizos. | |

**Fuente:**Proambiente (2012)

3.5.3 Aspectos Geotécnicos

Tanto los depósitos sedimentarios como los esquistos fracturados son excavables mecánicamente. Indicio de ello se observa en taludes de accesos actuales. Depósitos fluviales con permeabilidades altas; esquistos fracturados y salvandas arcillosas de baja permeabilidad.

## 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 2LR, 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 5.200,0 ha, dentro de una envolvente de 41,7 ha.

**CUADRO 3.6.1-1**
**USO DEL SUELO SITUACIÓN SIN PROYECTO**

| Ítem | Superficie | |
|---|---|---|
| | (ha) | (%) |
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 1.0 | 6.6 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 12.4 | 82.9 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1.6 | 10.5 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **15.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 2.3 | 0.2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 626.7 | 55.2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1.8 | 0.2 |
| Cereales y barbecho | 23.8 | 2.1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 447.5 | 39.4 |
| Forrajeras anuales | 32.9 | 2.9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **1,135.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 15.0 | 1.3 |
| Subtotal Secano | 1,135.0 | 95.2 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 41.7 | 3.5 |
| **TOTAL** | **1,191.7** | **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, en esta zona no hay restricción de derechos, ´por lo cual se consideran 3 tamaños de embalse. En los 3 casos, se analiza una superficie de riego máxima de 5.200 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; 2,5 y 4,1 $hm^3$, los que permiten el riego de 540, 920 y 1.150 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 | 0.0 | 45.0 | 243.0 | 45.0 | 414.0 | 45.0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0.0 | 40.0 | 216.0 | 40.0 | 368.0 | 40.0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0.0 | 15.0 | 81.0 | 15.0 | 138.0 | 15.0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **0.0** | **100.0** | **540.0** | **100.0** | **920.0** | **100.0** |
| **SECANO** | | | | | | |
| Frutales y viveros | 2.4 | 0.2 | 1.3 | 0.2 | 0.5 | 0.2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 635.0 | 55.2 | 336.8 | 55.2 | 127.0 | 55.2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 1.8 | 0.2 | 1.0 | 0.2 | 0.4 | 0.2 |
| Cereales y barbecho | 24.1 | 2.1 | 12.8 | 2.1 | 4.8 | 2.1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 453.4 | 39.4 | 240.5 | 39.4 | 90.7 | 39.4 |
| Forrajeras anuales | 33.3 | 2.9 | 17.7 | 2.9 | 6.7 | 2.9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **1,150.0** | **100.0** | **610.0** | **100.0** | **230.0** | **100.0** |
| Subtotal Riego | 0.0 | 0.0 | 540.0 | 45.3 | 920.0 | 77.2 |
| Subtotal Secano | 1,150.0 | 96.5 | 610.0 | 51.2 | 230.0 | 19.3 |
| Infraestructura y Terrenos Estériles | 41.7 | 3.5 | 41.7 | 3.5 | 41.7 | 3.5 |
| **TOTAL** | **1,191.7** | **100.0** | **1,191.7** | **100.0** | **1,191.7** | **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 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |

**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) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse (m³) |
| $\Delta t$ | Periodo de tiempo para la modelación (m³) |

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.

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

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:

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

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:

$$Q_{salida} = 0$$

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

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:

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

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

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

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. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO PROPUESTO

## 4.1. OBRAS CIVILES

### 4.1.1. Embalse de Regulación

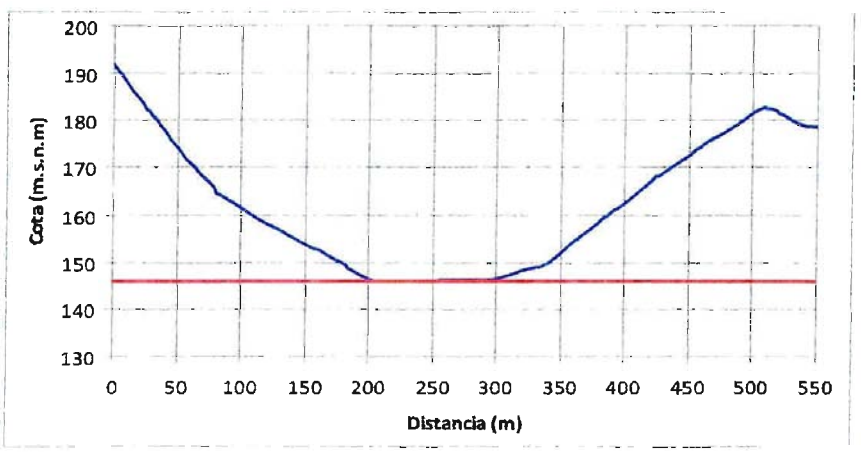
En el sitio seleccionado considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

Tal como se indicó en el Acápite 3.5.2, se determinó evaluar los siguientes volúmenes de embalse: 1,0; 2,5 y 4,1 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**



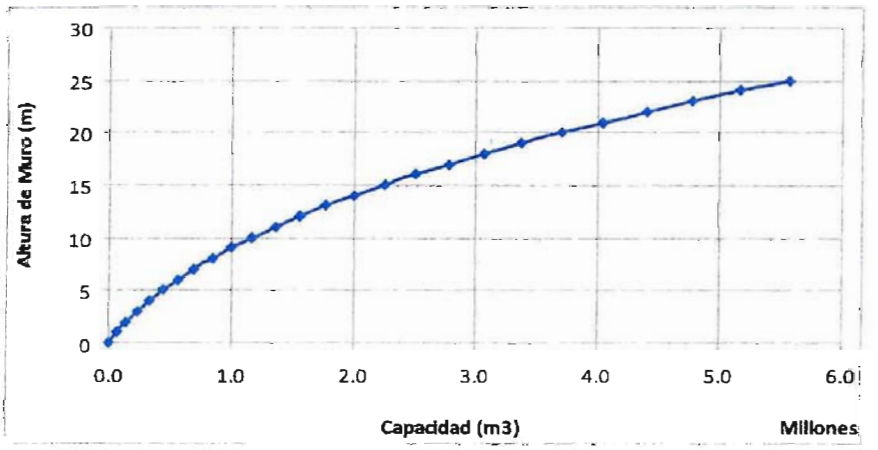

**Fuente:** Elaboración propia

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.

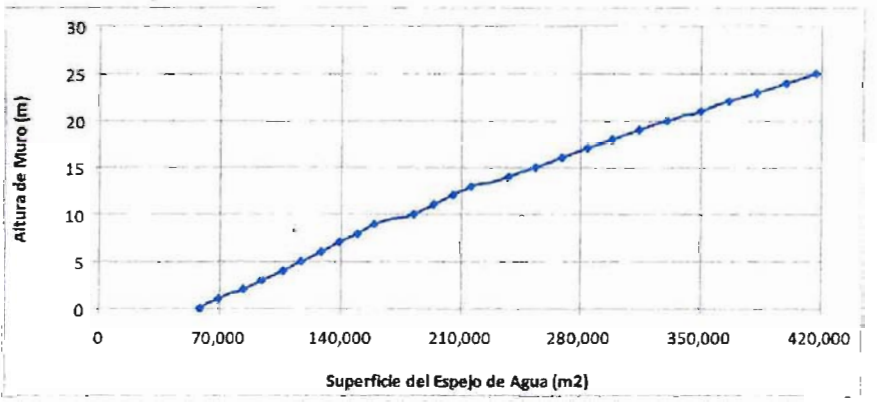
En la Figura 4.1.1-3 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje, dirección del escurrimiento y área de riego.

**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 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.

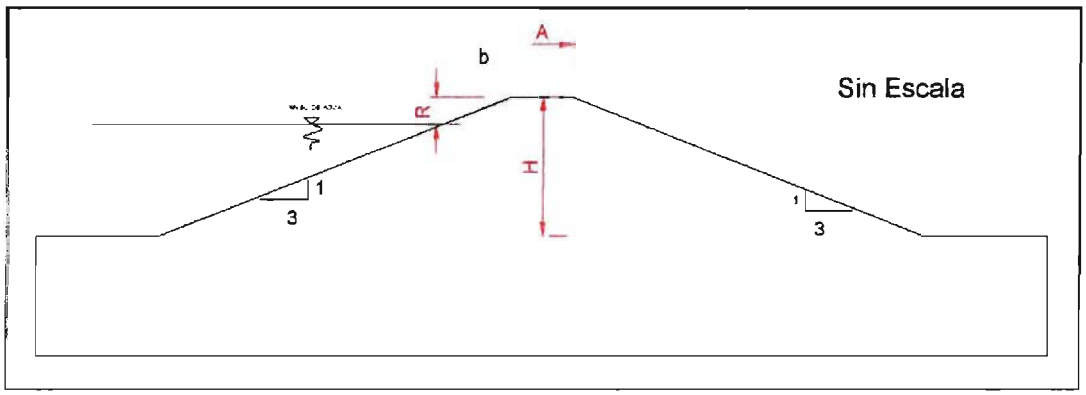
**CUADRO 4.1.1-1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen (hm³) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 1,0 | 9,2 | 11,0 | 158,0 | 5,5 | 3,0 | 2,5 |
| 2,5 | 15,8 | 18,5 | 167,3 | 7,0 | 3,0 | 2,5 |
| 4,1 | 21,2 | 24,5 | 171,5 | 8,0 | 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 | 1,490 |
| 4,1 | 1,226 |

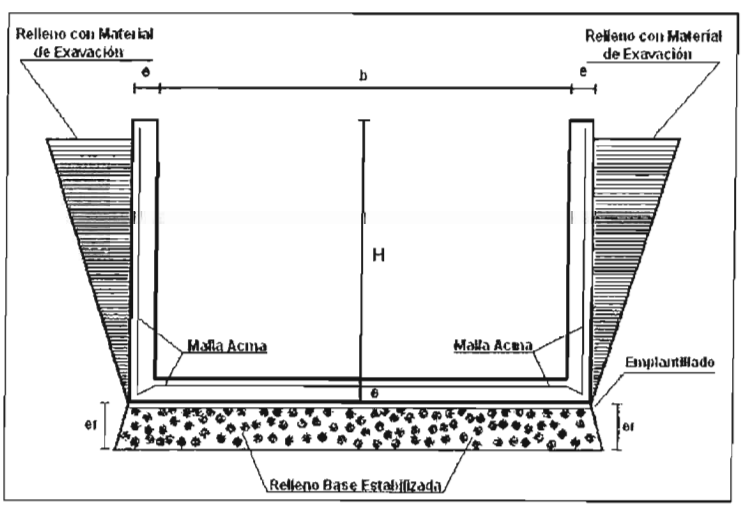
**Fuente:** Elaboración propia

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, un canal principal 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.

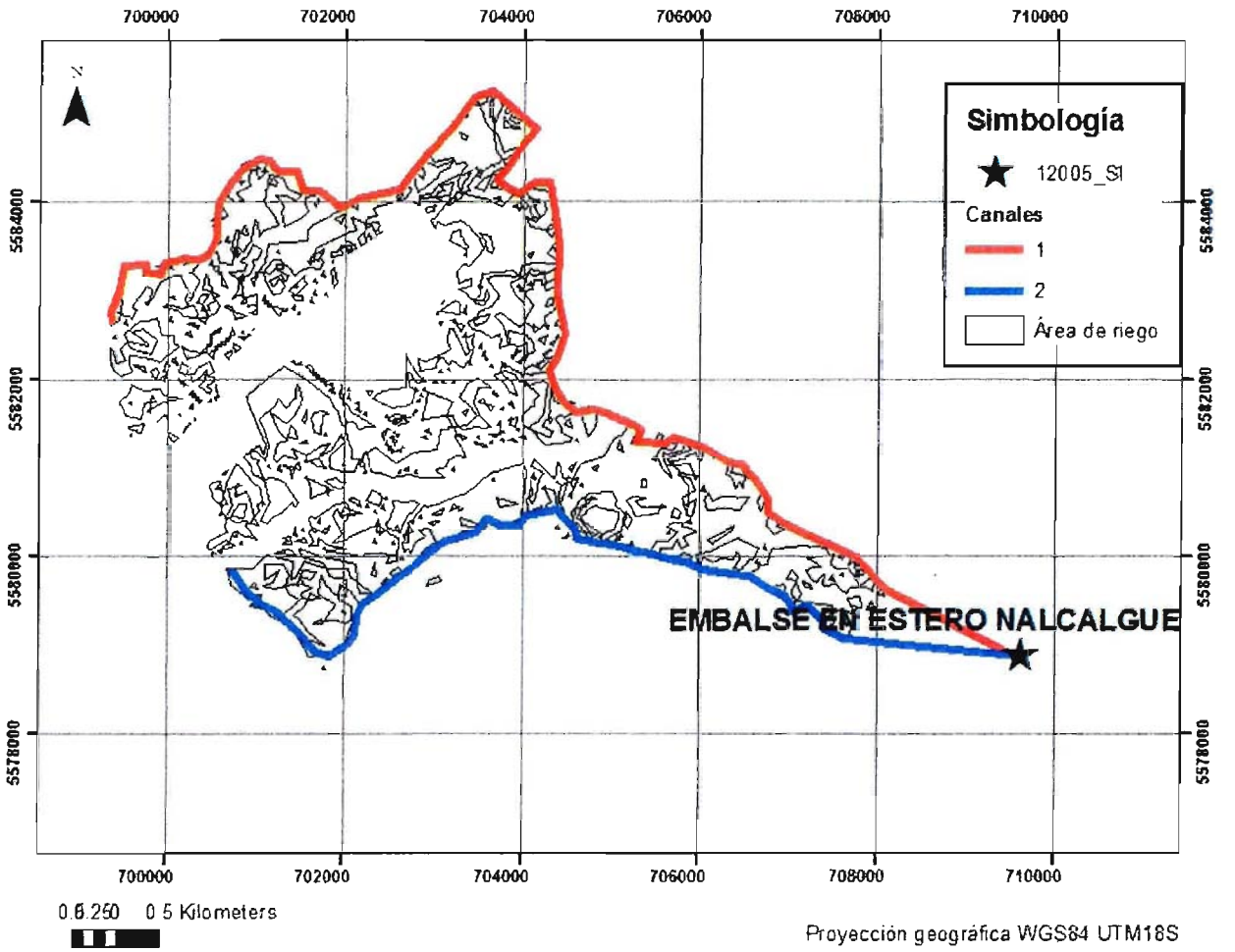
## CUADRO 4.1.2-1
## PARÁMETROS DE DISEÑO DE LOS CANALES

| 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 | 540 | 7,7 | 13,2 | 0,27 | 0,6 | 0,6 | 15 | 15 |
| 2,5 | 920 | 9,7 | 15,9 | 0,46 | 0,7 | 0,7 | 15 | 15 |
| 4,1 | 11.150 | 10,7 | 17,6 | 0,61 | 0,8 | 0,7 | 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 7,4 $m^3/s$. Adicionalmente se consideran las siguientes condiciones:

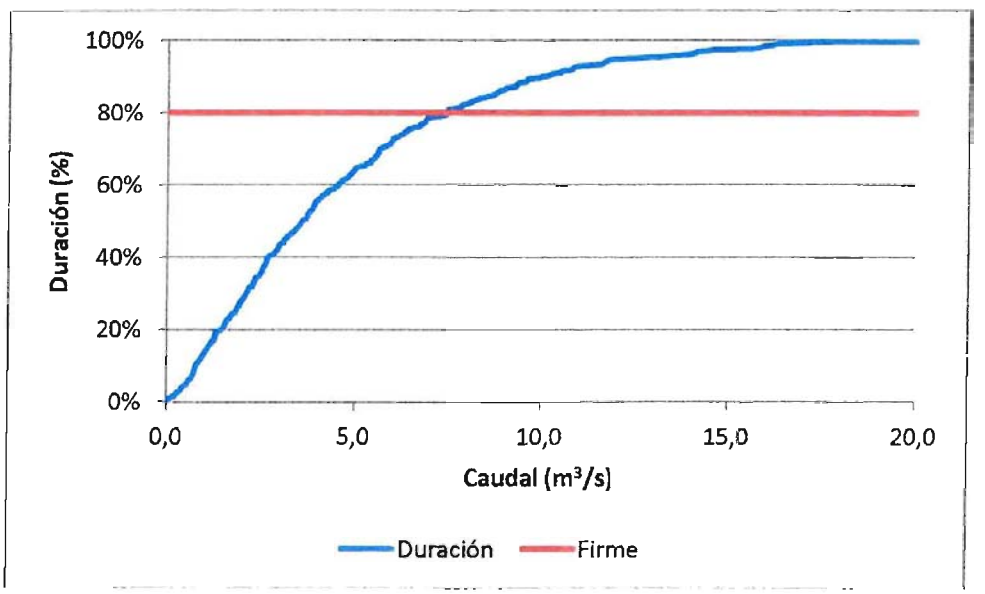
- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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) |
|---|---|---|---|
| 1,0 | 9,2 | 527 | 2.412,5 |
| 2,5 | 15,8 | 905 | 3.716,5 |
| 4,1 | 21,2 | 1.209 | 4.385,1 |

**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= 11,0 m | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 18.733 | 1.500 | 1.320 | 28.099.500 | 24.727.560 |
| m³ | Excavaciones | 5.800 | 5.000 | 4.800 | 29.000.000 | 27.840.000 |
| m³ | Relleno de la presa | 84.792 | 4.000 | 3.840 | 339.168.000 | 325.601.280 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 3.708 | 50.000 | 48.000 | 185.400.000 | 177.984.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 8.900 | 3.500 | 3.430 | 31.150.000 | 30.527.000 |
| **Total Muro** | | | | | **612.817.500** | **586.679.840** |
| **Volumen = 2,5 hm³ / h=18,5 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 37.155 | 1.500 | 1.320 | 55.732.500 | 49.044.600 |
| m³ | Excavaciones | 12.858 | 5.000 | 4.800 | 64.290.000 | 61.718.400 |
| m³ | Relleno de la presa | 303.639 | 4.000 | 3.840 | 1.214.556.000 | 1.165.973.760 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 7.912 | 50.000 | 48.000 | 395.600.000 | 379.776.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 18.988 | 3.500 | 3.430 | 66.458.000 | 65.128.840 |
| **Total Muro** | | | | | **1.796.636.500** | **1.721.641.600** |
| **Volumen = 4,1 hm³ / h=24,5 m** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m² | Roce descepe y escarpe | 51.893 | 1.500 | 1.320 | 77.839.500 | 68.498.760 |
| m³ | Excavaciones | 18.504 | 5.000 | 4.800 | 92.520.000 | 88.819.200 |
| m³ | Relleno de la presa | 478.717 | 4.000 | 3.840 | 1.914.868.000 | 1.838.273.280 |
| m³ | Enrocado de protección e=0,5 m | 11.274 | 50.000 | 48.000 | 563.700.000 | 541.152.000 |
| m² | Filtro geotextil sobre enrocado | 27.058 | 3.500 | 3.430 | 94.703.000 | 92.808.940 |
| **Total Muro** | | | | | **2.743.630.500** | **2.629.552.180** |

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 | 2.224 | 12.594 | 11.335 | 28.009.056 | 25.208.150 |
| m³ | Hormigón H-30 | 6.113 | 99.523 | 94.547 | 608.408.980 | 577.988.531 |
| m² | Malla Acma C-295 | 40.755 | 7.877 | 7.719 | 321.027.135 | 314.606.592 |
| m² | Moldajes 3 usos | 18.810 | 8.834 | 7.951 | 166.167.540 | 149.550.786 |
| m² | Aplicación Antisol | 12.540 | 255 | 230 | 3.197.700 | 2.877.930 |
| m | Juntas de dilatación | 7.524 | 5.994 | 5.395 | 45.098.856 | 40.588.970 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.171.909.267** | **1.110.820.960** |
| **Volumen = 2,5 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 3.146 | 12.594 | 11.335 | 39.620.724 | 35.658.652 |
| m³ | Hormigón H-30 | 8.640 | 99.523 | 94.547 | 859.878.720 | 816.884.784 |
| m² | Malla Acma C-295 | 57.600 | 7.877 | 7.719 | 453.715.200 | 444.640.896 |
| m² | Moldajes 3 usos | 26.453 | 8.834 | 7.951 | 233.688.747 | 210.319.872 |
| m² | Aplicación Antisol | 17.920 | 255 | 230 | 4.569.600 | 4.112.640 |
| m | Juntas de dilatación | 10.752 | 5.994 | 5.395 | 64.447.488 | 58.002.739 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.655.920.479** | **1.569.619.583** |
| **Volumen = 4,1 hm³** | | | | | | |
| Unidad | Descripción | Cantidad | Precio Unitario ($) | | Precio Total ($) | |
| | | | Privado | Social | Privado | Social |
| m³ | Base estabilizada compactada e=0,15 m | 3.945 | 12.594 | 11.335 | 49.683.330 | 44.714.997 |
| m³ | Hormigón H-30 | 9.976 | 99.523 | 94.547 | 992.816.567 | 943.175.739 |
| m² | Malla Acma C-295 | 66.505 | 7.877 | 7.719 | 523.859.885 | 513.382.687 |
| m² | Moldajes 3 usos | 29.243 | 8.834 | 7.951 | 258.335.607 | 232.502.046 |
| m² | Aplicación Antisol | 22.640 | 255 | 230 | 5.773.200 | 5.195.880 |
| m | Juntas de dilatación | 12.452 | 5.994 | 5.395 | 74.637.288 | 67.173.559 |
| **Total Sistema Distribución** | | | | | **1.905.105.877** | **1.806.144.908** |

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 | 527,0 | 1.273.785.350 | 56.382 | 2.635.000 |
| 2,5 | 905,0 | 2.187.430.250 | 96.822 | 4.525.000 |
| 4,1 | 1209,0 | 2.922.213.450 | 129.346 | 6.045.000 |

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**

| Alternativa | Volumen ($hm^3$) | Superficie (ha) | Costo ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1,0 | 18,3 | 82.687.489,0 |
| 2 | 1,0 | 18,3 | 82.687.489,0 |
| | 2,5 | 29,6 | 133.745.883,0 |
| | 4,1 | 38,5 | 173.960.017,0 |

**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 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 612.817.500 | 586.679.840 |
| **Obra de Desvío** | 61.281.750 | 58.667.984 |
| **Obra de Toma** | 30.640.875 | 29.333.992 |
| **Vertedero** | 214.486.125 | 205.337.944 |
| **Sistema de Distribución** | 1.171.909.267 | 1.110.820.960 |
| **Caminos de Acceso** | 61.281.750 | 58.667.984 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.162.417.267** | **2.059.508.704** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **1.297.450.360** | **1.235.705.222** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 1.273.785.350 | 1.273.785.350 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **1.273.785.350** | **1.273.785.350** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **445.824.873** | **445.824.873** |
| **EXPROPIACIONES** | **82.687.489** | **82.687.489** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **5.262.165.338** | **5.097.511.638** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **232.930** | **225.641** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **10.885.512** | **10.544.903** |

| Volumen = 2,5 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 1.796.636.500 | 1.721.641.600 |
| **Obra de Desvío** | 179.663.650 | 172.164.160 |
| **Obra de Toma** | 89.831.825 | 86.082.080 |
| **Vertedero** | 628.822.775 | 602.574.560 |
| **Sistema de Distribución** | 1.655.920.479 | 1.569.619.583 |
| **Caminos de Acceso** | 179.663.650 | 172.164.160 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **4.540.538.879** | **4.334.246.143** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **2.724.323.327** | **2.600.547.686** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 2.187.430.250 | 2.187.430.250 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.187.430.250** | **2.187.430.250** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **765.600.588** | **765.600.588** |
| **EXPROPIACIONES** | **133.745.883** | **133.745.883** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **10.351.638.926** | **10.021.570.549** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **458.215** | **443.605** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **21.413.787** | **20.730.996** |

| Volumen = 4,1 $hm^3$ | | |
|---|---|---|
| **Ítem** | **Mercado ($)** | **Social ($)** |
| **Instalación de Faenas** | 10.000.000 | 10.000.000 |
| **Muro** | 2.743.630.500 | 2.629.552.180 |

**CUADRO 5.5-1**
**RESUMEN DE COSTOS**

| | | |
|---|---|---|
| **Obra de Desvío** | 274.363.050 | 262.955.218 |
| **Obra de Toma** | 137.181.525 | 131.477.609 |
| **Vertedero** | 960.270.675 | 920.343.263 |
| **Sistema de Distribución** | 1.905.105.877 | 1.806.144.908 |
| **Caminos de Acceso** | 274.363.050 | 262.955.218 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **6.304.914.677** | **6.023.428.396** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS OBRAS CIVILES (60%)** | **3.782.948.806** | **3.614.057.038** |
| **Minicentral Hidroeléctrica** | 2.922.213.450 | 2.922.213.450 |
| **TOTAL COSTO DIRECTO** | **2.922.213.450** | **2.922.213.450** |
| **GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS MCH (35%)** | **1.022.774.708** | **1.022.774.708** |
| **EXPROPIACIONES** | **173.960.017** | **173.960.017** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) ($)** | **14.206.811.658** | **13.756.433.609** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF)** | **628.865** | **608.929** |
| **COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (US$)** | **29.388.742** | **28.457.073** |

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 | 62.152.008 | 62.152.008 | 0 | 62.152.008 | 0 | 62.152.008 | 0 | 62.152.008 | 0 |
| 1 | 62.991.582 | -403.628.250 | -466.619.832 | -403.628.250 | -466.619.832 | -625.232.552 | -688.224.133 | -759.361.471 | -822.353.052 |
| 2 | 62.991.582 | -523.685.155 | -586.676.737 | -523.685.155 | -586.676.737 | -829.857.069 | -892.848.650 | -1.015.171.648 | -1.078.163.229 |
| 3 | 62.991.582 | -811.180.824 | -874.172.406 | -811.180.824 | -874.172.406 | -1.320.847.202 | -1.383.838.783 | -1.629.329.483 | -1.692.321.065 |
| 4 | 62.991.582 | -343.690.472 | -406.682.054 | -343.690.472 | -406.682.054 | -524.225.660 | -587.217.241 | -633.496.958 | -696.488.539 |
| 5 | 62.991.582 | -257.240.077 | -320.231.658 | -257.240.077 | -320.231.658 | -358.745.354 | -421.736.935 | -420.182.758 | -483.174.340 |
| 6 | 51.150.591 | 136.425.530 | 85.274.940 | 136.425.530 | 85.274.940 | 377.326.900 | 326.176.309 | 523.135.623 | 471.985.033 |
| 7 | 56.393.966 | 707.037.733 | 650.643.767 | 707.037.733 | 650.643.767 | 1.218.720.887 | 1.162.326.921 | 1.528.423.849 | 1.472.029.883 |
| 8 | 55.959.048 | 1.067.444.193 | 1.011.485.145 | 1.067.444.193 | 1.011.485.145 | 1.833.960.385 | 1.778.001.337 | 2.297.904.396 | 2.241.945.347 |
| 9 | 57.023.042 | 1.304.929.635 | 1.247.906.593 | 1.304.929.635 | 1.247.906.593 | 2.238.414.484 | 2.181.391.442 | 2.803.418.471 | 2.746.395.429 |
| 10 | 58.490.082 | 1.539.743.374 | 1.481.253.292 | 1.539.743.374 | 1.481.253.292 | 2.637.754.354 | 2.579.264.272 | 3.302.339.947 | 3.243.849.865 |
| 11 | 60.461.455 | 1.670.053.533 | 1.609.592.078 | 1.670.053.533 | 1.609.592.078 | 2.858.514.699 | 2.798.053.243 | 3.577.846.457 | 3.517.385.002 |
| 12 | 61.072.333 | 1.670.801.258 | 1.609.728.926 | 1.670.801.258 | 1.609.728.926 | 2.859.262.424 | 2.798.190.091 | 3.578.594.182 | 3.517.521.849 |
| 13 | 62.152.008 | 1.672.078.426 | 1.609.926.418 | 1.672.078.426 | 1.609.926.418 | 2.860.539.592 | 2.798.387.584 | 3.579.871.350 | 3.517.719.342 |
| 14 | 62.991.582 | 1.102.784.913 | 1.039.793.331 | 1.102.784.913 | 1.039.793.331 | 1.888.252.465 | 1.825.260.884 | 2.363.667.037 | 2.300.675.455 |
| 15 | 62.991.582 | 444.440.854 | 381.449.273 | 444.440.854 | 381.449.273 | 764.734.101 | 701.742.519 | 958.595.802 | 895.604.221 |
| 16 | 62.991.582 | -696.946.630 | -759.938.212 | -696.946.630 | -759.938.212 | -1.183.137.661 | -1.246.129.243 | -1.477.411.180 | -1.540.402.762 |
| 17 | 61.657.135 | -165.434.678 | -227.091.813 | -165.434.678 | -227.091.813 | -274.897.420 | -336.554.555 | -341.151.185 | -402.808.320 |
| 18 | 62.666.033 | -28.057.427 | -90.723.461 | -28.057.427 | -90.723.461 | -41.172.735 | -103.838.769 | -49.110.948 | -111.776.981 |
| 19 | 52.141.186 | 319.289.527 | 267.148.341 | 319.289.527 | 267.148.341 | 559.859.243 | 507.718.057 | 705.467.230 | 653.326.044 |
| 20 | 56.402.636 | 707.042.392 | 650.639.756 | 707.042.392 | 650.639.756 | 1.218.722.644 | 1.162.320.008 | 1.528.423.849 | 1.472.021.214 |
| 21 | 56.073.739 | 1.067.628.994 | 1.011.555.255 | 1.067.628.994 | 1.011.555.255 | 1.834.030.064 | 1.777.956.325 | 2.297.904.396 | 2.241.830.657 |
| 22 | 57.339.921 | 1.305.263.743 | 1.247.923.823 | 1.305.263.743 | 1.247.923.823 | 2.238.540.459 | 2.181.200.539 | 2.803.418.471 | 2.746.078.551 |
| 23 | 58.719.242 | 1.539.907.177 | 1.481.187.935 | 1.539.907.177 | 1.481.187.935 | 2.637.816.116 | 2.579.096.874 | 3.302.339.947 | 3.243.620.705 |
| 24 | 60.461.455 | 1.670.053.533 | 1.609.592.078 | 1.670.053.533 | 1.609.592.078 | 2.858.514.699 | 2.798.053.243 | 3.577.846.457 | 3.517.385.002 |
| 25 | 61.072.333 | 1.670.801.258 | 1.609.728.926 | 1.670.801.258 | 1.609.728.926 | 2.859.262.424 | 2.798.190.091 | 3.578.594.182 | 3.517.521.849 |
| 26 | 62.152.008 | 1.672.078.426 | 1.609.926.418 | 1.672.078.426 | 1.609.926.418 | 2.860.539.592 | 2.798.387.584 | 3.579.871.350 | 3.517.719.342 |
| 27 | 62.991.582 | 1.102.784.913 | 1.039.793.331 | 1.102.784.913 | 1.039.793.331 | 1.888.252.465 | 1.825.260.884 | 2.363.667.037 | 2.300.675.455 |
| 28 | 61.657.135 | 443.559.859 | 381.902.724 | 443.559.859 | 381.902.724 | 764.401.922 | 702.744.787 | 958.595.802 | 896.938.667 |
| 29 | 62.666.033 | -697.285.398 | -759.951.432 | -697.285.398 | -759.951.432 | -1.183.265.393 | -1.245.931.427 | -1.477.411.180 | -1.540.077.214 |
| 30 | 62.647.730 | -164.902.287 | -227.550.017 | -164.902.287 | -227.550.017 | -274.696.682 | -337.344.413 | -341.151.185 | -403.798.915 |

**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 | 88.220.073 | 88.220.073 | 0 | 88.220.073 | 0 | 88.220.073 | 0 | 88.220.073 | 0 |
| 1 | 89.311.840 | -71.479.159 | -160.790.998 | -370.552.314 | -459.864.154 | -589.714.100 | -679.025.940 | -722.364.655 | -811.676.495 |
| 2 | 89.311.840 | -71.279.376 | -160.591.215 | -476.843.890 | -566.155.729 | -771.690.266 | -861.002.106 | -950.149.916 | -1.039.461.755 |
| 3 | 89.311.840 | -70.946.813 | -160.258.652 | -730.963.175 | -820.275.014 | -1.205.606.265 | -1.294.918.104 | -1.492.890.240 | -1.582.202.080 |
| 4 | 89.311.840 | -70.941.011 | -160.252.850 | -251.538.039 | -340.849.879 | -388.617.032 | -477.928.872 | -471.585.896 | -560.897.736 |
| 5 | 89.311.840 | -96.969.272 | -186.281.112 | -106.389.141 | -195.700.981 | -122.962.896 | -212.274.736 | -132.994.379 | -222.306.219 |
| 6 | 76.192.149 | -171.418.730 | -247.610.879 | 356.880.651 | 280.688.503 | 722.480.611 | 646.288.463 | 943.764.797 | 867.572.649 |
| 7 | 81.127.854 | 9.343.058 | -71.784.796 | 955.146.858 | 874.019.004 | 1.624.935.279 | 1.543.807.424 | 2.030.333.533 | 1.949.205.679 |
| 8 | 80.942.368 | 10.204.372 | -70.737.996 | 1.361.208.432 | 1.280.266.064 | 2.314.555.636 | 2.233.613.268 | 2.891.581.576 | 2.810.639.208 |
| 9 | 82.327.324 | 10.193.024 | -72.134.300 | 1.641.804.062 | 1.559.476.739 | 2.793.422.232 | 2.711.094.908 | 3.490.454.282 | 3.408.126.958 |
| 10 | 84.027.236 | 10.257.273 | -73.769.963 | 1.916.135.125 | 1.832.107.889 | 3.260.537.874 | 3.176.510.638 | 4.074.255.327 | 3.990.228.092 |
| 11 | 86.178.666 | 10.592.084 | -75.586.582 | 2.075.946.120 | 1.989.767.454 | 3.531.716.548 | 3.445.537.882 | 4.412.840.755 | 4.326.662.089 |
| 12 | 86.952.765 | 10.914.382 | -76.038.383 | 2.078.282.256 | 1.991.329.491 | 3.533.943.387 | 3.446.990.622 | 4.415.001.439 | 4.328.048.674 |
| 13 | 88.220.073 | 10.910.415 | -77.309.658 | 2.079.186.853 | 1.990.966.781 | 3.534.847.984 | 3.446.627.911 | 4.415.906.037 | 4.327.685.964 |
| 14 | 89.311.840 | 10.901.681 | -78.410.159 | 1.445.989.415 | 1.356.677.575 | 2.453.214.199 | 2.363.902.359 | 3.062.850.253 | 2.973.538.413 |
| 15 | 89.311.840 | 10.908.346 | -78.403.493 | 685.112.474 | 595.800.634 | 1.153.802.955 | 1.064.491.115 | 1.437.484.035 | 1.348.172.195 |
| 16 | 89.311.840 | 10.909.170 | -78.402.670 | -616.728.981 | -706.040.821 | -1.067.896.724 | -1.157.208.564 | -1.340.971.937 | -1.430.283.777 |
| 17 | 88.064.971 | 10.911.410 | -77.153.561 | -72.401.250 | -160.466.220 | -138.956.613 | -227.021.584 | -179.240.123 | -267.305.093 |
| 18 | 88.924.127 | 9.341.387 | -79.582.740 | 122.286.700 | 33.362.573 | 194.418.631 | 105.494.504 | 238.077.431 | 149.153.304 |
| 19 | 77.039.957 | 10.202.558 | -66.837.400 | 538.828.432 | 461.788.474 | 904.667.496 | 827.627.539 | 1.126.096.404 | 1.049.056.446 |
| 20 | 81.180.755 | 10.191.210 | -70.989.545 | 955.602.509 | 874.421.754 | 1.625.107.081 | 1.543.926.326 | 2.030.333.533 | 1.949.152.778 |
| 21 | 81.107.260 | 10.255.459 | -70.851.801 | 1.361.236.863 | 1.280.129.603 | 2.314.566.356 | 2.233.459.096 | 2.891.581.576 | 2.810.474.315 |
| 22 | 82.662.135 | 10.590.270 | -72.071.865 | 1.642.018.535 | 1.559.356.400 | 2.793.503.099 | 2.710.840.963 | 3.490.454.282 | 3.407.792.146 |
| 23 | 84.261.404 | 10.912.394 | -73.349.010 | 1.916.490.520 | 1.832.229.116 | 3.260.671.875 | 3.176.410.471 | 4.074.255.327 | 3.989.993.923 |
| 24 | 86.178.666 | 10.908.561 | -75.270.105 | 2.076.121.572 | 1.989.942.906 | 3.531.782.702 | 3.445.604.037 | 4.412.840.755 | 4.326.662.089 |
| 25 | 86.952.765 | 10.901.681 | -76.051.084 | 2.078.282.256 | 1.991.329.491 | 3.533.943.387 | 3.446.990.622 | 4.415.001.439 | 4.328.048.674 |
| 26 | 88.220.073 | 10.908.346 | -77.311.726 | 2.079.186.853 | 1.990.966.781 | 3.534.847.984 | 3.446.627.911 | 4.415.906.037 | 4.327.685.964 |
| 27 | 89.311.840 | 10.909.170 | -78.402.670 | 1.445.989.415 | 1.356.677.575 | 2.453.214.199 | 2.363.902.359 | 3.062.850.253 | 2.973.538.413 |
| 28 | 88.064.971 | 10.911.410 | -77.153.561 | 685.112.474 | 597.047.503 | 1.153.802.955 | 1.065.737.984 | 1.437.484.035 | 1.349.419.064 |
| 29 | 88.924.127 | 9.341.387 | -79.582.740 | -617.574.557 | -706.498.684 | -1.068.215.548 | -1.157.139.675 | -1.340.971.937 | -1.429.896.065 |
| 30 | 88.912.779 | 10.202.558 | -78.710.222 | -72.785.076 | -161.697.855 | -139.101.335 | -228.014.114 | -179.240.123 | -268.152.902 |

**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 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 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 | 1.584.812.800 | 1.517.900.390 | 1.875.054.827 | 1.777.313.536 |
| 2,5 | 4.615.389.440 | 4.423.402.496 | 2.649.472.766 | 2.511.391.332 |
| 4,1 | 7.039.694.080 | 6.747.653.581 | 3.048.169.403 | 2.889.831.853 |

**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 ($) |
|---|---|---|
| 1,0 | 527 | 1.719.610.223 |
| 2,5 | 905 | 2.953.030.838 |
| 4,1 | 1.209 | 3.944.988.158 |

**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 también es rentable a precios sociales, aunque los indicadores de rentabilidad son menores a los anteriores, 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 $) | IVAN | Tir (%) |
| 1,0 | -2.129,0 | -0,62 | 7,8% | 4.377,9 | 1,33 | 10,9% |
| 2,5 | -4.447,0 | -0,61 | 7,3% | 6.944,3 | 1,00 | 10,2% |
| 4,1 | -6.437,8 | -0,64 | 6,8% | 7.901,9 | 0,82 | 9,7% |
| **Con Hidrogeneración** | | | | | | |
| Volumen ($hm^3$) | Mercado | | | Social | | |
| | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) | VAN (millones $) | IVAN | Tir (%) |
| 1,0 | -3.100,5 | -0,60 | 7,0% | 3.969,6 | 0,79 | 9,6% |
| 2,5 | -6.269,5 | -0,61 | 6,5% | 5.979,6 | 0,60 | 9,0% |
| 4,1 | -9.082,3 | -0,65 | 6,0% | 6.254,9 | 0,46 | 8,4% |

**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 4,1hm³, 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 1.150 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, 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 ESTERO NALCAHUE
## 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 | 4 |
| 3.4. | EFICIENCIAS DE RIEGO | 6 |
| 3.5 | TAZAS DE RIEGO | 6 |
| **4.** | **ANTECEDENTES ECONÓMICOS** | **7** |
| 4.1. | MARGENES UNITARIOS | 7 |
| 4.2. | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 9 |
| 4.1.1. | Generalidades | 9 |
| 4.1.2. | Costos Agroeconómicos | 10 |

# 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 se ha determinado a partir la distribución porcentual de los cultivos del grupo 2LR, según la metodología descrita en el Anexo 4-4 usando como principal fuente de información el VII Censo Agropecuario y Forestal (INE, 2007). Dicha metodología también fue aplicada 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 (%)**

| Ítem | Actual | Futura |
|---|---|---|
| **RIEGO** | | |
| Frutales y viveros | 6,6 | 45,0 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 82,9 | 40,0 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 10,5 | 15,0 |
| **SUBTOTAL RIEGO** | **100,0** | **100,0** |
| **SECANO** | | |
| Frutales y viveros | 0,2 | 0,2 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 55,2 | 55,2 |
| Cultivos anuales (Leguminosas, tubérculos, c. industriales, hortalizas, flores y semilleros) | 0,2 | 0,2 |
| Cereales y barbecho | 2,1 | 2,1 |
| Forestal (Artificial, nativo y matorral) | 39,4 | 39,4 |
| Forrajeras anuales | 2,9 | 2,9 |
| **SUBTOTAL SECANO** | **100,0** | **100,0** |

**Fuente:** Elaboración propia

# 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.

## 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 40,0 | 21,0 | 18,0 | 37,0 | 64,0 | 88,0 | 119,0 | 121,0 | 185,0 | 162,0 | 131,0 | 79,0 | 1.065,0 |

**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.

## CUADRO 3.2-2
## COEFICIENTES DE CULTIVO KC

| CULTVO | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | | | | | 0,30 | 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 | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Frutales y viveros** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 19,2 | 48,4 | 95,2 | 127,1 | 194,3 | 126,4 | 65,5 | 0,0 | 676,1 |
| **Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas** | 38,0 | 20,0 | 17,1 | 35,2 | 60,8 | 83,6 | 113,1 | 115,0 | 175,8 | 153,9 | 124,5 | 75,1 | 1.012,1 |
| **Cultivos anuales** | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 33,4 | 50,0 | 121,0 | 207,2 | 158,8 | 96,9 | 0,0 | 667,3 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (INIA, 1989), FAO y 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 128,0 | 126,0 | 133,0 | 120,0 | 127,0 | 107,0 | 100,0 | 90,0 | 51,0 | 77,0 | 63,0 | 120,0 | 1.242,0 |

**Fuente:** Mapa Agroclimático (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 | 37,1 | 143,3 | 49,4 | 2,5 | 0,0 | 232,3 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 25,0 | 124,8 | 76,9 | 61,5 | 0,0 | 301,3 |
| Cultivos anuales | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 31,0 | 156,2 | 81,8 | 33,9 | 0,0 | 302,9 |

**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.

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 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 3.5-1 se presentan las tasas de riego por cultivo.

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 que se muestra en el 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 | 412 | 1.592 | 549 | 28 | 0 | 2.581 |
| Praderas artificiales permanentes, naturales y mejoradas | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 175 | 333 | 1.664 | 1.025 | 820 | 0 | 4.017 |
| Cultivos anuales | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 689 | 3.471 | 1.818 | 753 | 0 | 6.731 |

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

**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 | 145,1 | 375,5 | 1.848,2 | 1.076,3 | 760,4 | 0,0 | 4.205,4 |
| **Situación Futura Con Proyecto** | | | | | | | | | | | | |
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 70,0 | 422,0 | 1.902,7 | 929,8 | 453,6 | 0,0 | 3.777,9 |

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

# 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

### 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.

**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.

### 4.2.2. 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.

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

En el Cuadro 4.2.2.1-1 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 4.2.2.1-1**
**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 4.2.2.2-1.

**CUADRO 4.2.2.2-1**
**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 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 4.2.2.3-1. Al multiplicarse estos valores por la superficie total del área de estudio se obtiene los de la asistencia técnica.

**CUADRO 4.2.2.3-1**
**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 NALCAHUE
# 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 ($m^3/s$) |
| $\Delta V$ | Variación de volumen en el embalse ($m^3$) |
| $\Delta t$ | 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:<br>-Superficie V/s Volumen<br>-Altura V/s Volumen |
| Tasa de Riego | Demanda de agua hacia el embalse<br>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 2,1 $m^3/s$. 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 ($\eta_T$) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kW) de la MCH viene dada por:

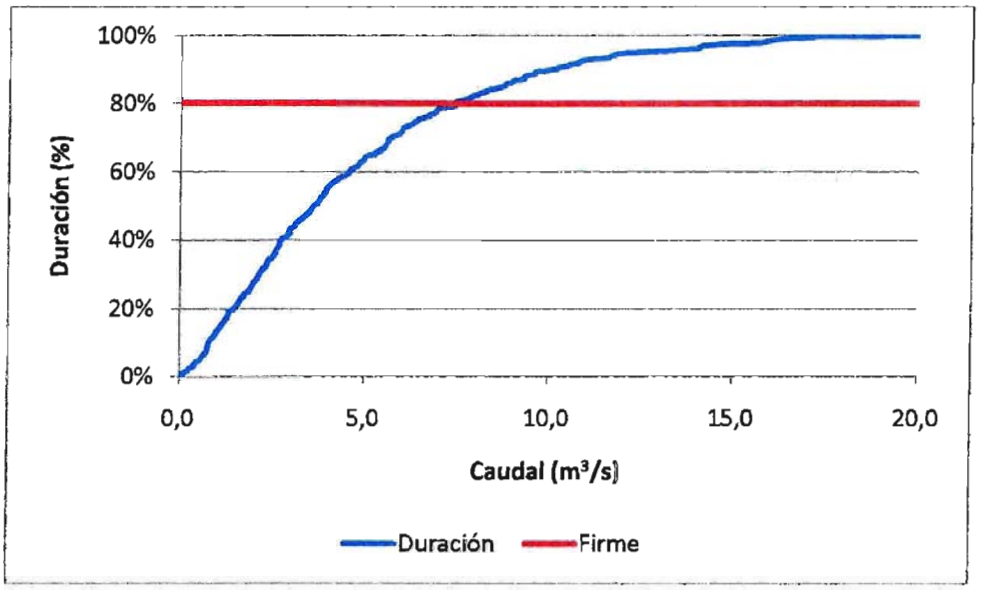
$$P = \eta_T g Q H$$

Con:

| | |
|---|---|
| $\eta_T$ | 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 NALCAHUE
# 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.

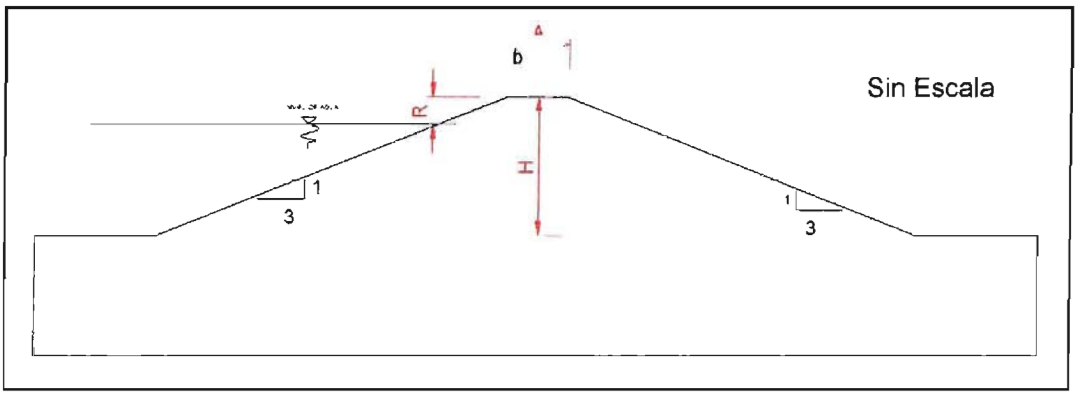
**CUADRO 1**
**RESUMEN PARÁMETROS DE DISEÑO PARA DISTINTAS ALTERNATIVAS**

| Volumen ($hm^3$) | h Agua (m) | h Muro (m) | Cota Coronamiento (m.s.n.m.) | Ancho Coronamiento (m) | TALUD/1 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | IZQUIERDA | DERECHA |
| 1,0 | 9,2 | 11,0 | 158,0 | 5,5 | 3,0 | 2,5 |
| 4,1 | 21,2 | 24,5 | 171,5 | 8,0 | 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.

**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 | CL-SC | 39 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |
| 4,1 | CL-SC | 39 | 1,0 | 1,8 | 2,0 |

**Fuente:** Elaboración propia

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.

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

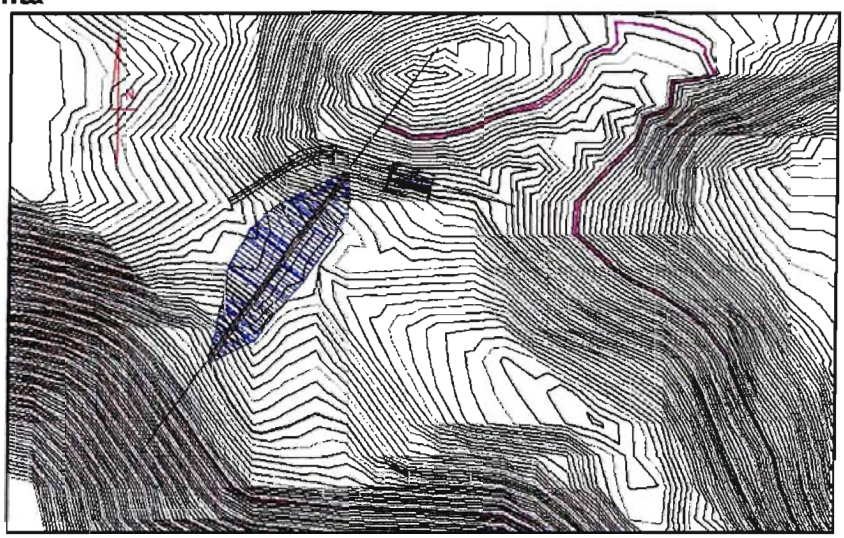
**CUADRO 3**
**FACTORES DE SEGURIDAD**

| Volumen ($hm^3$) | Factor de Seguridad |
|---|---|
| **1,0** | 1,490 |
| **4,1** | 1,226 |

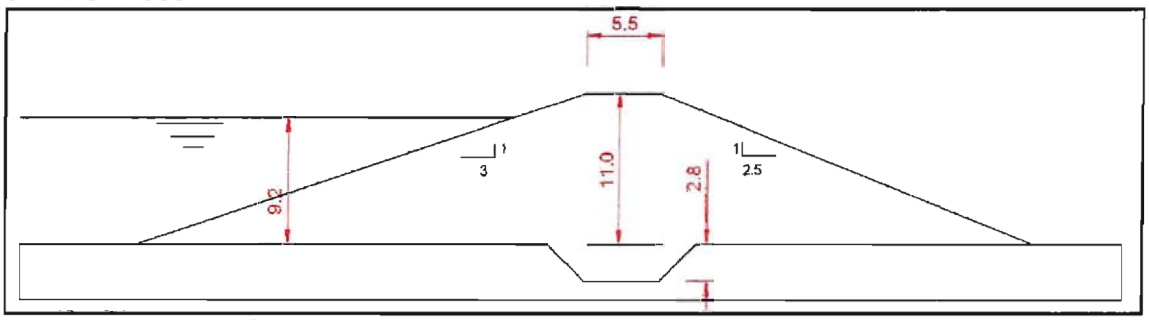
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 2**
**VOLUMEN 1,0 hm$^3$**

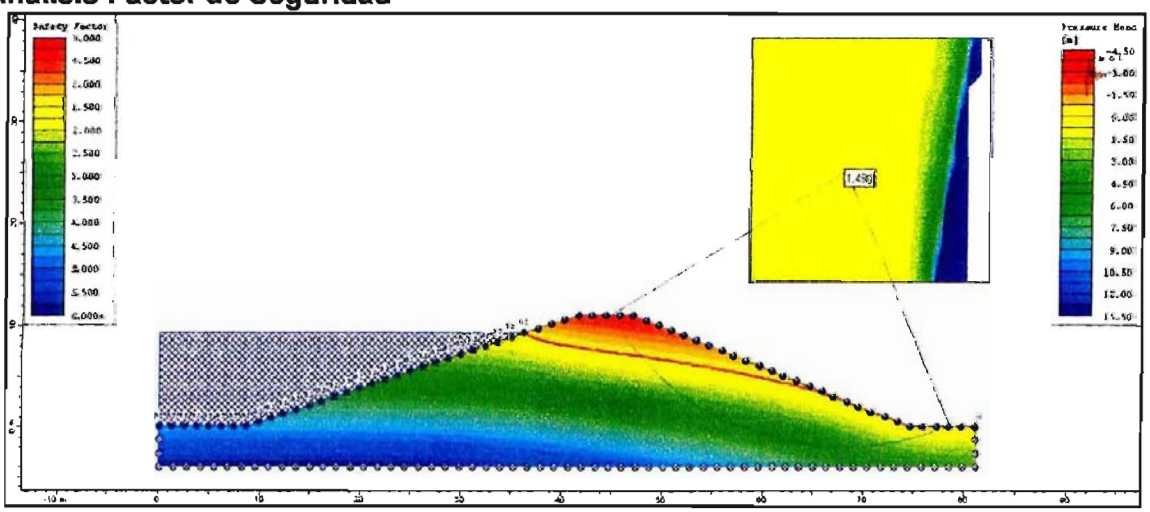
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**



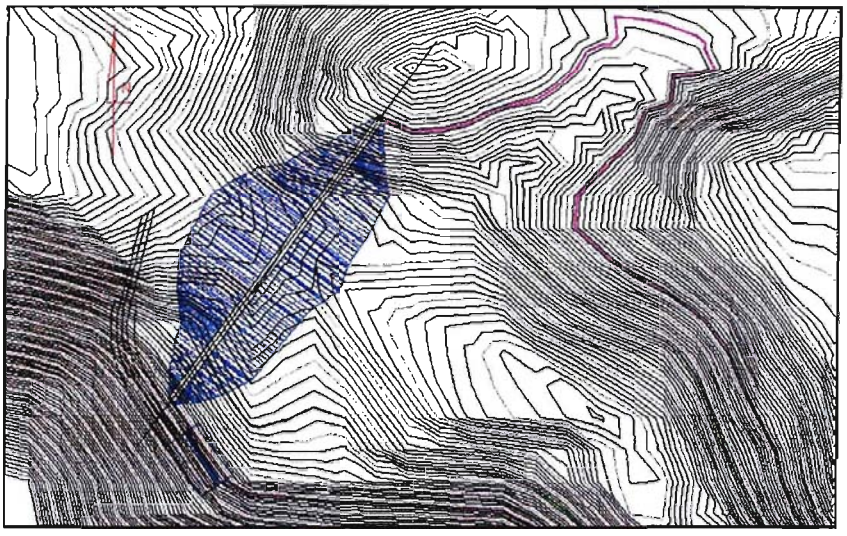

**Análisis Factor de Seguridad**



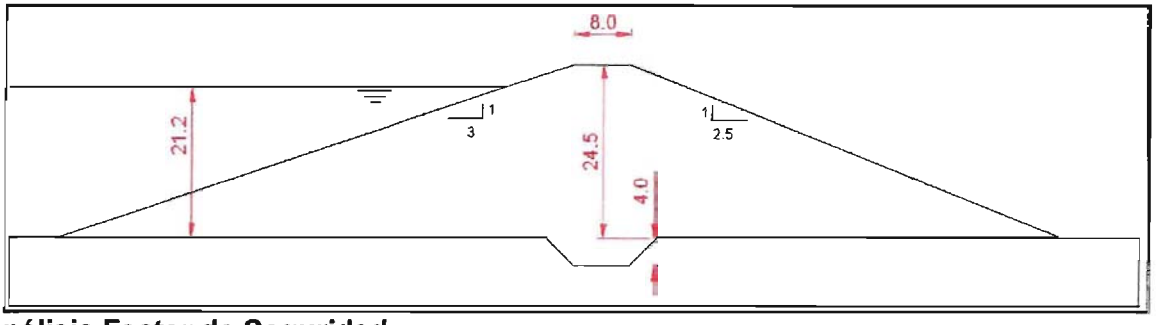
**Fuente:** Elaboración propia

**FIGURA 3**
**VOLUMEN 4,1 hm$^3$**

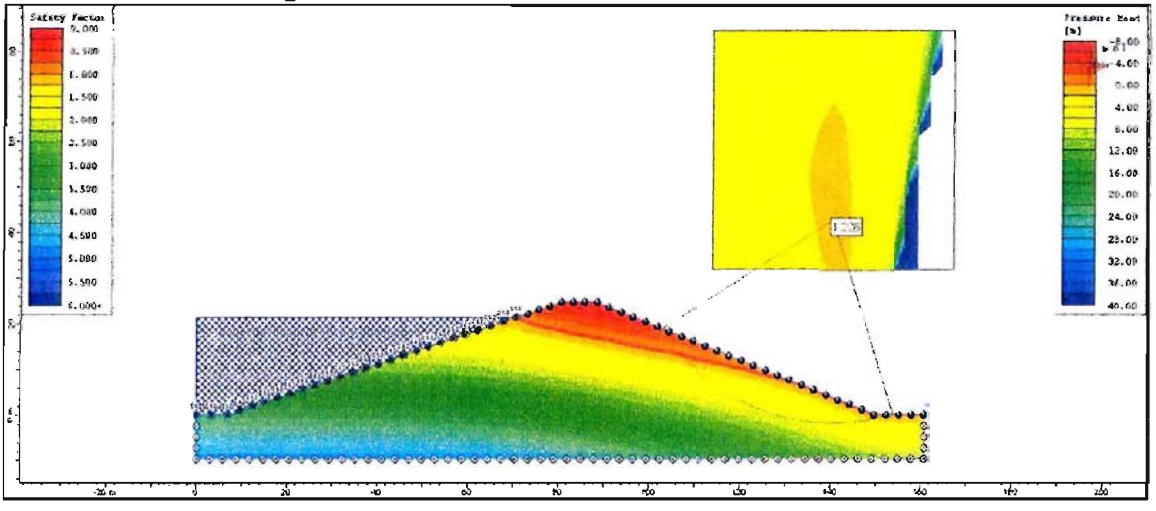
**Vista en Planta**



**Perfil de Presa**




**Análisis Factor de Seguridad**



**Fuente:** Elaboración propia

# Anexo F

# Evaluación Económica

## Archivo Electrónico