



**ESTUDIO DE RIEGO
PERFIL
EMBALSE PUCOPÍO
REGIÓN DE LOS LAGOS**

ENERO 2013

ÍNDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 1.1 | IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL SITO DE PRESA. | 4 |
| 1.2 | OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 1.3 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 1.4 | UBICACIÓN | 5 |
| 2 | ANTECEDENTES | 7 |
| 2.1 | CLIMA | 7 |
| 2.2 | GEOLOGÍA | 7 |
| 2.3 | GEOMORFOLOGÍA | 8 |
| 2.4 | RUTAS DE ACCESO | 9 |
| 2.5 | CENTRO PRINCIPAL DE ABASTECIMIENTO | 9 |
| 2.6 | DERECHOS DE AGUA | 9 |
| 2.7 | RECURSOS HÍDRICOS | 11 |
| 2.7.1 | PLUVIOMETRÍA | 11 |
| 2.7.2 | ESTIMACIÓN DE CAUDALES | 12 |
| 2.7.3 | CAUDALES MEDIOS MENSUALES | 13 |
| 2.8 | ANTEPROYECTO DE INGENIERÍA | 13 |
| 2.8.1 | CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA | 13 |
| 2.8.2 | DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE INUNDACIÓN | 16 |
| 2.9 | COSTOS DE LAS OBRAS | 17 |
| 2.9.1 | MURO | 17 |
| 2.9.2 | VERTEDERO | 17 |
| 2.9.3 | OBRA DE DESVIACIÓN Y ENTREGA | 18 |
| 2.9.4 | OTRAS OBRAS | 18 |
| 2.9.5 | CUBICACIONES Y PRESUPUESTOS | 18 |
| 2.9.6 | COSTOS AMBIENTALES | 19 |
| 2.10 | POTENCIAL HIDROELÉCTRICO | 19 |
| 3 | PERFIL AGROECONÓMICO | 20 |
| 3.1 | CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA | 21 |
| 3.1.1 | SITUACIÓN ACTUAL (SA) | 21 |
| 3.1.2 | SITUACIÓN ACTUAL OPTIMIZADA (SAO) | 21 |
| 3.1.3 | SITUACIÓN FUTURA (SF) | 21 |
| 3.2 | MÁRGENES NETOS | 22 |
| 3.3 | FLUJOS AGROECONÓMICOS | 23 |
| 3.3.1 | MÁRGENES ESTABILIZADOS SITUACIÓN FUTURA | 23 |
| 3.3.2 | COSTOS | 24 |
| 3.3.3 | FLUJO AGRONÓMICO | 28 |
| 4 | EVALUACIÓN ECONÓMICA | 29 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.1 | GENERALIDADES | 29 |
| 4.2 | CONSIDERACIONES DE LA EVALUACIÓN | 29 |
| 4.3 | EVALUACIÓN ECONÓMICA | 30 |
| 4.4 | EVALUACIÓN ECONÓMICA A PRECIOS PRIVADOS CON LA INCORPORACIÓN DE UNA TARIFA DE PAGO | 35 |
| 4.5 | EVALUACIÓN ECONÓMICA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA | 36 |
| 4.6 | SENSIBILIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA: | 36 |
| 5 | <u>CONCLUSIÓN</u> | 37 |

1 INTRODUCCIÓN

La región de Los Lagos actualmente no cuenta obras de riego que permitan dar regulación a los cauces de esta, por lo tanto no existe una agricultura productiva, siendo el forraje para ganadería la mayor superficie sembrada en la región.

La agricultura en la zona del secano, al no disponer de fuentes hídricas que permitan entregar seguridad de riego de un 85%, en el desarrollo de cultivos permanentes o no permanentes, carece de las herramientas básicas para estimular el desarrollo del potencial de suelos aptos para la agricultura presentes en la zona.

Por lo anterior, es que la posibilidad de embalsar los recursos excedentarios de las lluvias de invierno, abre una alternativa para incrementar el potencial agrícola de la zona.

Durante el año 2011, mediante un estudio impulsado por la Subsecretaría de Agricultura, se realizó un diagnóstico de emplazamientos de obras de acumulación en las Comunas de San Juan de la Costa y Río Negro, ambas de la provincia de Osorno. En dicho estudio se identificaron una serie posibles sitios de embalses u obras de captación superficial que permiten regar distintas zonas de potencial agrícola.

Uno de estos sitios identificados corresponde al Embalse Pucopío, ubicado en la comuna de San Juan de la Costa y emplazado sobre el estero Pucopío, con capacidad de dar seguridad de riego a 480 ha. aproximadamente. Este embalse representa una gran oportunidad para la zona dado que la agricultura desarrollada en el sector es principalmente de subsistencia y/o familiar campesina, con niveles bajos de tecnificación, infraestructura de riego limitada y con amplias dificultades de acceso vial.

1.1 Identificación y Selección del Sitio de Presa.

Como se indica en la introducción, este proyecto nace de un estudio, mandatado por la Subsecretaría de Agricultura, realizado en las comunas de San Juan de la Costa y Río Negro. Este estudio se llamó "Identificación y Estudio de Proyectos de Construcción de Estructuras de Acumulación y Regulación Estacional de Agua en las Comunas de San Juan de la Costa y Río Negro, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos".

El objetivo de este estudio fue identificar posibles sitios de embalses estacionales en ambas comunas. La ubicación de embalses fue definida según la demanda de riego existente en las comunas, la cual fue identificada por los equipos prodesal de ellas, y por criterios técnicos propios de cada embalse.

Todos los sitios que se pudieron identificar fueron rankeados mediante una matriz de decisión, en la cual se le puso nota a cada embalse en criterios como: Estrategias y priorización Regional, antecedentes técnicos de la obra, interferencias e impactos ambientales, entre otras. Este ranking arrojó que el Embalse Pucopío fue el de mejor calificación por lo cual se le desarrolló su estudio a nivel de perfil.

La metodología y procedimiento de selección, se puede ver en el Anexo III que corresponde al capítulo 5 del mencionado estudio.

1.2 Objetivo General

Desarrollar un estudio de prefactibilidad el cual permita determinar la superficie posible de ser regada con un 85% de seguridad mediante la construcción de un embalse sobre el Estero Pucopío, elaborando los estudios necesarios de terreno y gabinete, que permitan el diseño preliminar de las obras necesarias.

1.3 Objetivos Específicos

- Caracterizar la cuenca del estero Pucopío, para evaluar probables sitios de embalses de regulación.
- Diseñar sistemas de drenaje que permitan habilitar la zona potencial de riego.
- Analizar la factibilidad de incluir generación hidroeléctrica dentro del proyecto.
- Evaluar para uso multipropósito el embalse: Apoyo al agua potable rural, mitigación de crecidas y mejora en la calidad del agua.
- Revisar externalidades positivas del proyecto, que pudieren mejorar la rentabilidad del mismo.
- Elaborar los anteproyectos de las obras para mitigar los efectos de la contaminación de las aguas.

1.4 Ubicación

El sitio del Embalse Pucopío se ubica en la comuna de San Juan de la costa, Provincia de Osorno, Región de Los Lagos. La fuente del recurso hídrico corresponde principalmente al estero Pucopío.

El sitio de embalse se encuentra aguas abajo de la confluencia con el estero Changún o Ventanas y aguas arriba del puente Negro y de la localidad de Pucopío. El eje principal se ubica en las coordenadas UTM Norte 5.524.190 y Este 629.880 (Plancheta IGM H-12, Quilacahuin).

En los poblados cercanos se encuentra la Comunidad indígena Pucopío, la cual se encuentra aguas abajo de la obra y antes del cruce del Puente Negro. Siguiendo hacia aguas abajo se encuentra el sector de Pucopío, en donde el área beneficiada sería de la comuna de San Juan de la Costa y San Pablo.



Figura 1.1: “Ubicación Eje Embalse Pucopío”

2 ANTECEDENTES

2.1 Clima

El clima que caracteriza a la comuna es el templado-lluvioso con un régimen de lluvia distribuido en las cuatro estaciones del año, con precipitaciones anuales que superan los 2.500 mm (Dirección Meteorológica de Chile, 2011).

No hay evidencia de la existencia de una sombra pluviométrica que afecta a ciertos sectores del secano interior, entre ellos el sector oriental de la comuna de San Juan de la Costa, lo que determina que existan pequeñas zonas donde existe una notable disminución de las precipitaciones respecto a áreas circundantes a ellas. Este fenómeno ocurre porque los vientos del noreste que provocan las lluvias, al chocar con la barrera correspondiente a la cordillera de la costa, depositan gran parte del agua en su vertiente occidental, disminuyendo este volumen a sotavento de estos cordones. Dicho efecto conocido también como efecto Foehn, se aprecia principalmente durante la primavera y el verano y comienzos de otoño (Montaldo et al, 1987¹).

Ello explica por ejemplo que, de acuerdo a los datos registrados en la Estación Cañal Bajo de la Dirección Meteorológica de Chile para Osorno (a 7,5 km al oeste de la ciudad, camino a San Juan de la Costa), la estación lluviosa se presenta entre los meses de abril a septiembre; meses en los cuales el promedio varía entre los 150 y 200 mm por cada mes, alcanzando un total anual de 1.330 mm, con un período seco que se extiende entre octubre y marzo.

A lo anterior se agrega el hecho que desde el año 2007 y hasta ahora se ha presentado el fenómeno climático de "la Niña" lo que se ha traducido hasta la fecha, en una disminución de los niveles de pluviometría en relación a la normal. Respecto a ello, el Boletín Climático de Junio de 2010 del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencia Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile indica que "a partir de condiciones observadas en julio de 2010 la gran mayoría de los modelos de pronóstico de la TSM en el Pacífico ecuatorial (región Niño 3.4) indica que debieron persistir anomalías térmicas negativas típicas de un evento La Niña por lo menos hasta el verano recién pasado, existiendo una muy probable dispersión respecto de la intensidad de Fenómeno y su extensibilidad.

2.2 Geología

Refiriéndonos a la zona que abarca el llano central de la comuna, cubierto por la Cuenca del Río Bueno, ésta se caracteriza por poseer formaciones geológicas que esencialmente corresponden a franjas con orientación poniente – oriente, las cuales están compuestas principalmente por:

- **Rocas PzTr4**, del tipo metamórficas del Paleozoico-Triásico: Metapelitas, metacherts, metabasitos y en menor proporción neises y rocas ultramáficos con protolitos de edades desde el Devónico al Triásico y metamorfismo del Pérmico al Jurásico. Complejo metamórfico Liquiñe. Se distinguen esquistes pelíticos
- **Rocas M1m**, del tipo sedimentaria del Mioceno: Secuencias sedimentarias marinas, transgresivas, plataformales, areniscas finas, arcillolitas y limolitas.

¹ P. Montaldo B., R. Pessot Z., R. Fuentes P., I. Saraiegui M.: "La Zona de Sombra Pluviométrica en la X Región y su Impacto Agronómico". Agricultura Técnica (Chile) 47 (4): 340 - 344 (Octubre - Diciembre, 1987)

- **Rocas PI3t**, del tipo volcánicas del Pleistoceno: Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.
- **Rocas Q1g1**, del tipo sedimentaria del Pleistoceno-Holoceno: Depósitos morrénicos, fluvio-glaciales y glacialacustre, diamictos de bloques y matriz de limo/arcilla, gravas, arenas y limos. Lóbulos morrénicos en el frente de los lagos proglaciales abanicos fluvio-glaciales frontales ovares en las riberas de lagos o cursos fluviales, asociados a las principales glaciaciones del pleistoceno donde son indiferenciados o relativos a las glaciaciones Llanquihue
- **Rocas PI3** del tipo volcánicas del Pleistoceno, Secuencias lávicas y centros volcánicos básicos e intermedios; depósitos andesíticos basálticos. Además de intercalaciones de rocas CPg del tipo intrusiva del Carbonífero-Pérmico. Granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de moscovita; y rocas PI3t del tipo volcánicas del Pleistoceno. Depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso.
- **Rocas Mg** del tipo intrusiva del Mioceno: Granodioritas, dioritas, tonalitas.

Por otra parte, la zona costera de la comuna que se encuentra bajo la Cuenca e islas Río Bueno-Río Puelo, se caracteriza por estar formada principalmente por rocas de origen metamórfico de diferentes tipos, las que corresponden a una estructura llamada 'basamento paleozoico', o también denominado 'Basamento Cristalino del Valle Central', con aprox. 75 millones de años de antigüedad. El tipo de roca predominante en esta parte es Rocas Q1g1 descritas anteriormente.

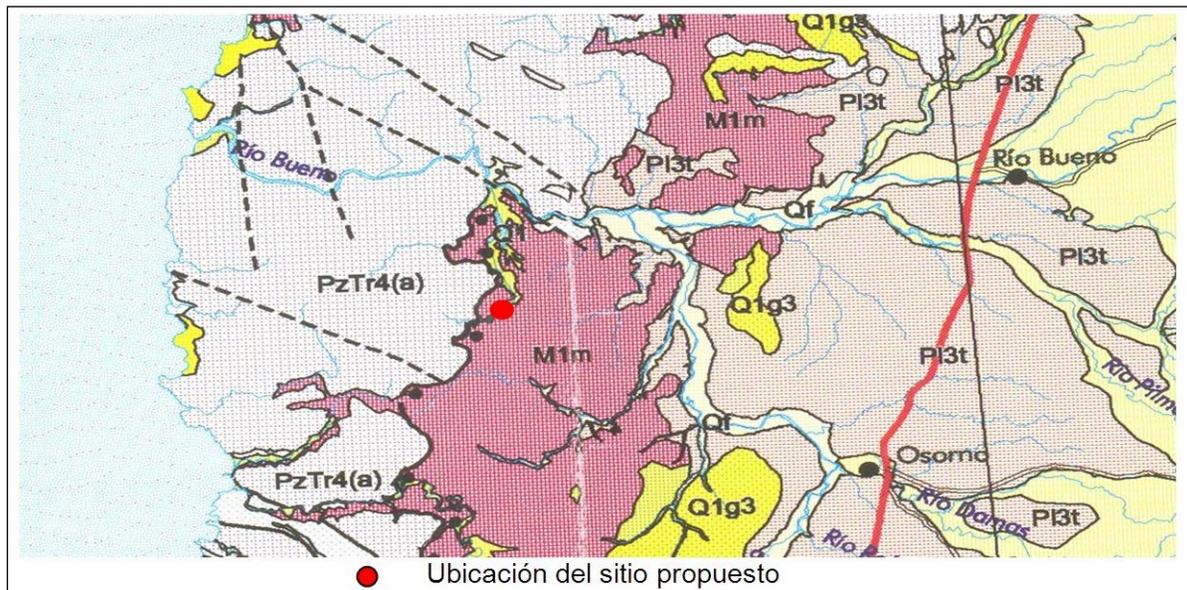


Figura 2.1: Geología del sector de embalse”

2.3 Geomorfología

La comuna está emplazada entre los faldeos interiores de la cordillera costera y la costa. En este sector la Cordillera de la Costa es un cordón montañoso en proceso de desintegración, lo que confiere características topográficas propias a la comuna; cerros y valle irregulares en paisajes quebrados con alturas que oscilan entre los 300 y 1.500 m.s.n.m. También se observan vegas y llanuras ubicadas a orillas de los ríos y esteros de mayor caudal.

Las Planicies Litorales de sedimentación fluvio-marina en esta zona se presentan muy estrechas ya que la Cordillera de la Costa se encuentra muy cerca del océano pacífico dando origen a playas cercanas a acantilados o importantes elevaciones

El llano central representa una superficie muy reducida en esta comuna, presentando una topografía fuertemente ondulada.

Los principales cerros son, Santa Ana, la Reina y Pampa Alegre ubicados en las inmediaciones del Río Bueno y la cordillera de la costa sector norte de la comuna

2.4 Rutas de Acceso

El sector de la presa es de fácil acceso, queda aproximadamente a 26 km de la principal vía de San Juan de la Costa, la Ruta U-40, de donde nacen varios caminos secundarios que llegan al sector identificado, la mayoría de tierra y algunos con carpeta de gravas. El acceso más directo es la Ruta U-30, que va en dirección a Misión San Juan de la Costa. Otras rutas alternativas de acceso son la U-390, U-350, U-280, U-270 y U-22.

2.5 Centro principal de abastecimiento

El principal centro de abastecimiento, y fuente de mano de obra, es la ciudad de Osorno, la que se localiza aproximadamente a 40 km del sitio de embalse proyectado.

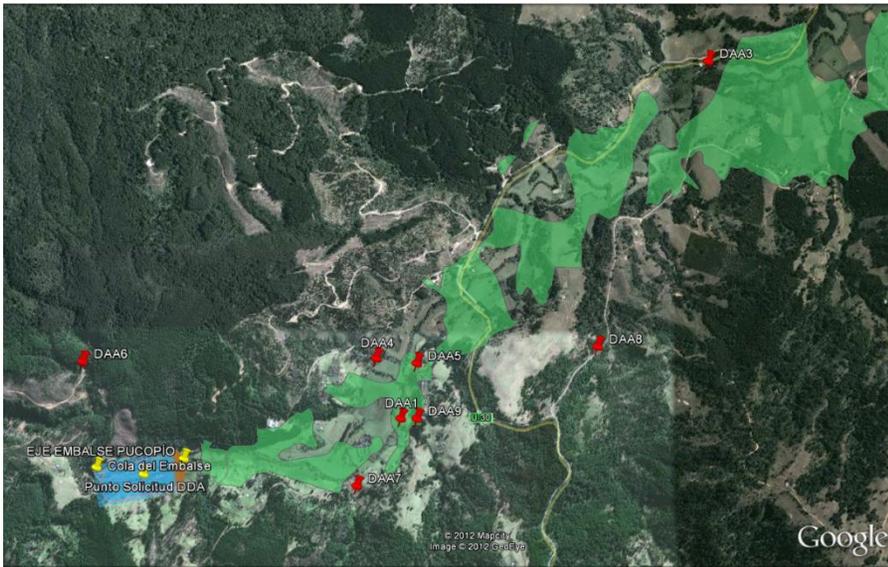
Además, se encuentra la ciudad de Puerto Montt, capital regional de Los Lagos, la que cuenta con mayores centros de abastecimiento. Esta ciudad se encuentra a unos 150 km del sitio de embalse proyectado.

2.6 Derechos de Agua

Se revisó en el Catastro público de Aguas de la DGA, los derechos otorgados hasta la fecha en el estero Pucopío, en las cercanías del muro del embalse. Se identificaron nueve derechos otorgados, en las cercanías del embalse, los cuales se muestran en el cuadro y figura siguiente:

| Nº Solicitud | Comuna | Usuario/a | Fecha Ingreso Trámite | Ejercicio del Derecho | Tipo Derecho/ Naturaleza | Caudal | Fecha Resolución | Nº Resolución | Fecha Toma Razón | UTM Norte Captación | UTM Este Captación | H | Dul | Longitud | |
|--------------|----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------|------------------|---------------|------------------|---------------------|--------------------|----|------|-----------|----------------------|
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | JUANA INÉS NEICUAN RANTUL | 21-09-2009 | C/PC | SUP | 5 | 24-11-2011 | 271 | 09-12-2011 | 5524658 | 630823 | 18 | 1984 | Río Bueno | Estero Pucopío |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | JUANA INÉS NEICUAN RANTUL | 21-09-2009 | C/PC | SUP | 0,03 | 24-11-2011 | 270 | 09-12-2011 | 5524631 | 631020 | 18 | 1984 | Río Bueno | Vertiente sin Nombre |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | GASTÓN JARAMILLO CRANIGUERO | 27-07-2009 | C/PC | SUP | 10 | 27-10-2011 | 234 | 15-11-2011 | 5524672 | 631418 | 18 | 1984 | Río Bueno | Estero sin Nombre |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | CRISTIAN QUILAPICHUN NEICUAN | 19/03/10 | C/PC | SUP | 1 | 25/05/12 | 64 | 11/06/12 | 5.524.364.00 | 630.937.00 | 18 | 1984 | Río Bueno | Estero Pucopío |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | CRISTIAN QUILAPICHUN NEICUAN | 19/03/10 | C/PC | SUP | 0,10 | 25/05/12 | 60 | 11/06/12 | 5.524.045.00 | 630.720.00 | 18 | 1984 | Río Bueno | Vertiente sin Nombre |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | IGNACIA NEICUAN ALUN | 19/03/10 | C/PC | SUP | 0,10 | 25/05/12 | 62 | 11/06/12 | 5.524.698.00 | 631.895.00 | 18 | 1984 | Río Bueno | Estero sin Nombre |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | ROMUALDO LABA JARAMILLO | 19/03/10 | C/PC | SUP | 1 | 25/05/12 | 63 | 11/06/12 | 5.527.090.00 | 632.654.00 | 18 | 1984 | Río Bueno | Estero Pucopío |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | CRISTIAN QUILAPICHUN NEICUAN | 19/03/10 | C/PC | SUP | 0,10 | 25/05/12 | 58 | 14/06/12 | 5.524.365.00 | 631.017.00 | 18 | 1984 | Río Bueno | Vertiente sin Nombre |
| 1 | SAN JUAN DE LA COSTA | EDILIA ALVARADO CARDENAS | 19/03/10 | C/PC | SUP | 1 | 25/05/12 | 57 | 14/06/12 | 5.526.069.00 | 632.464.00 | 18 | 1984 | Río Bueno | Estero Pucopío |

Fuente: Catastro Público de Aguas, DGA.



Fuente: Elaboración propia

De los nueve derechos otorgados, ocho están ubicados aguas abajo del futuro embalse y uno en un afluente del estero Pucopío, aguas arriba del embalse.

Este derecho está ubicado en las coordenadas UTM 5524673 N y 629429 E, y está inscrito a nombre de don Juan Jaramillo Caniqueo, por un caudal de 10 l/s, otorgado por Resolución 232 de fecha 15/11/2011. Estos derechos se descontarán del caudal afluente al embalse, para el cálculo del tamaño de este, pero que en todo caso son marginales para el dimensionamiento del embalse.

Aspectos de Ingeniería

2.7 Recursos Hídricos

Para cuantificar la cantidad disponible del recurso hídrico es necesario analizar la factibilidad de contar con puntos de control fluviométrico o pluviométrico. En este caso, no se cuenta con un punto de control fluviométrico cercano y representativo al lugar de estudio, pero si pluviométrico, por lo tanto es necesaria la utilización de expresiones del tipo Precipitación-Escorrentía.

Se conocen diferentes expresiones que tienen por objeto calcular el caudal medio anual en base a una precipitación anual conocida, como son la expresión de Grunsky, Peñuelas, Coutagne y Turc. Se evalúa cada una de ellas en alguna estación presente en la zona de régimen pluvial que describa control fluviométrico y pluviométrico, con el objeto de poder determinar la expresión más correcta de acuerdo a las características propias de una cuenca promedio (en régimen pluvial) en la IX región. El detalle de estas expresiones se presenta en el Anexo II.

En lo que sigue se presentan en primer lugar las precipitaciones estimadas para el área de estudio, para luego presentar la determinación de caudales.

2.7.1 Pluviometría

Para determinar la estadística de precipitación válida para la zona de estudio, se utiliza el llamado método de transposición. Este método consiste en llevar la estadística de precipitación de una estación conocida, en este caso la estación Osorno en Cañal Bajo, a la zona de estudio mediante el uso de un coeficiente que liga lo que ocurre en forma media anual en la zona de la estación y el área de estudio, utilizando para esto el mapa de isoyetas anuales. Para la estación, se tiene que la precipitación media anual es de 1.341 mm. Por otra parte, para el área de ubicación del embalse, la precipitación media anual, según el plano de isoyetas, es de 1.700 mm (nótese que la precipitación media anual no es igual a la precipitación promedio que se muestra posteriormente en la Tabla 2.3). De esta manera, la precipitación en la zona de estudio es igual a 1,267 veces la precipitación de la estación usando la información de las isoyetas. Con esta metodología (ver Anexo II) se determinó la estadística mostrada en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1: Precipitaciones mensuales y anuales zona ubicación embalse en estero Pucopío (mm)

| Año | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | PAnual |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 1980 | 359,1 | 443,1 | 237,3 | 197,7 | 196,1 | 110,5 | 12,7 | 80,6 | 112,4 | 147,7 | 32,7 | 108,8 | 2.038,6 |
| 1981 | 135,2 | 520,6 | 209,6 | 195,0 | 155,0 | 117,8 | 86,2 | 30,3 | 61,1 | 69,4 | 67,2 | 57,1 | 1.704,4 |
| 1982 | 107,7 | 482,1 | 219,6 | 206,6 | 285,6 | 134,0 | 85,1 | 47,5 | 9,8 | 75,0 | 12,5 | 56,6 | 1.722,2 |
| 1983 | 168,6 | 128,0 | 239,3 | 166,2 | 154,8 | 205,9 | 48,0 | 6,5 | 18,8 | 44,0 | 99,6 | 56,4 | 1.336,1 |
| 1984 | 98,6 | 292,9 | 262,9 | 215,3 | 64,9 | 157,4 | 197,7 | 31,8 | 29,3 | 105,7 | 84,4 | 73,0 | 1.613,7 |
| 1985 | 199,2 | 304,5 | 304,6 | 169,0 | 99,0 | 143,2 | 67,8 | 52,3 | 48,5 | 55,6 | 166,6 | 87,2 | 1.697,4 |
| 1986 | 197,0 | 259,9 | 224,5 | 106,3 | 241,1 | 58,4 | 84,3 | 146,1 | 18,4 | 13,2 | 34,1 | 83,7 | 1.466,9 |
| 1987 | 119,9 | 136,1 | 125,1 | 354,5 | 136,5 | 137,0 | 153,6 | 43,6 | 40,5 | 73,6 | 5,1 | 49,7 | 1.374,9 |
| 1988 | 84,1 | 66,4 | 177,8 | 94,0 | 171,8 | 84,9 | 68,9 | 13,7 | 82,4 | 40,4 | 28,3 | 59,7 | 972,3 |
| 1989 | 72,5 | 50,2 | 143,8 | 232,4 | 222,4 | 94,3 | 90,3 | 46,1 | 140,8 | 64,9 | 44,3 | 69,2 | 1.271,1 |
| 1990 | 157,9 | 252,5 | 168,6 | 187,0 | 222,4 | 251,5 | 74,9 | 68,2 | 42,4 | 44,9 | 25,0 | 58,9 | 1.554,1 |
| 1991 | 86,5 | 272,9 | 191,3 | 192,7 | 188,4 | 121,9 | 59,5 | 75,1 | 282,9 | 1,4 | 121,0 | 182,2 | 1.776,0 |
| 1992 | 168,3 | 266,7 | 281,8 | 134,2 | 127,3 | 153,4 | 137,0 | 41,4 | 119,0 | 40,7 | 34,8 | 338,8 | 1.843,4 |
| 1993 | 317,8 | 291,5 | 300,2 | 250,0 | 82,1 | 77,2 | 121,3 | 110,5 | 57,5 | 32,6 | 14,7 | 46,1 | 1.701,3 |
| 1994 | 200,1 | 240,6 | 345,0 | 255,4 | 162,6 | 122,8 | 176,9 | 100,5 | 149,5 | 102,1 | 12,9 | 35,6 | 1.903,9 |
| 1995 | 160,3 | 109,5 | 428,4 | 156,6 | 261,0 | 94,1 | 138,1 | 61,4 | 4,3 | 49,7 | 56,1 | 120,5 | 1.640,0 |
| 1996 | 167,8 | 219,8 | 124,8 | 113,4 | 267,3 | 79,4 | 96,8 | 98,1 | 55,5 | 171,6 | 45,6 | 12,5 | 1.452,6 |
| 1997 | 249,5 | 166,6 | 422,2 | 316,6 | 123,2 | 123,5 | 183,8 | 100,0 | 49,0 | 33,8 | 30,0 | 57,6 | 1.855,9 |
| 1998 | 102,9 | 186,9 | 158,1 | 145,8 | 170,5 | 103,1 | 22,0 | 38,8 | 38,6 | 44,6 | 41,8 | 73,4 | 1.126,6 |
| 1999 | 48,5 | 146,7 | 341,5 | 103,0 | 279,0 | 125,9 | 37,1 | 71,2 | 52,5 | 33,4 | 193,7 | 59,2 | 1.491,8 |
| 2000 | 119,4 | 101,2 | 534,4 | 220,1 | 123,4 | 152,7 | 103,4 | 76,9 | 48,7 | 156,3 | 47,8 | 101,7 | 1.786,0 |

| Año | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | PAnual |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|---------|
| 2001 | 49,7 | 287,4 | 236,7 | 349,6 | 157,6 | 60,9 | 69,8 | 110,7 | 13,6 | 19,5 | 65,0 | 119,7 | 1.540,2 |
| 2002 | 160,4 | 316,2 | 174,2 | 237,3 | 302,6 | 178,6 | 269,0 | 179,9 | 61,1 | 23,9 | 32,6 | 52,2 | 1.988,0 |
| 2003 | 97,2 | 57,1 | 312,9 | 185,7 | 116,1 | 198,8 | 121,5 | 160,3 | 74,5 | 16,9 | 28,1 | 102,0 | 1.471,1 |
| 2004 | 323,5 | 23,6 | 428,6 | 205,9 | 115,0 | 133,9 | 155,1 | 99,5 | 80,8 | 45,0 | 8,6 | 134,3 | 1.753,8 |
| 2005 | 99,2 | 480,3 | 304,3 | 223,2 | 251,0 | 71,6 | 31,5 | 125,2 | 0,0 | 141,4 | 18,6 | 82,7 | 1.829,2 |
| 2006 | 144,3 | 187,4 | 346,1 | 294,6 | 200,6 | 133,4 | 204,5 | 74,9 | 151,3 | 30,3 | 63,2 | 25,6 | 1.856,2 |
| 2007 | 168,5 | 87,5 | 139,2 | 185,4 | 168,1 | 54,9 | 115,9 | 44,2 | 0,0 | 42,7 | 43,6 | 42,3 | 1.092,4 |
| 2008 | 48,8 | 112,9 | 166,6 | 288,6 | 336,8 | 42,4 | 60,7 | 77,9 | 35,5 | 20,0 | 69,3 | 32,6 | 1.292,1 |
| 2009 | 111,4 | 318,5 | 272,7 | 92,5 | 354,9 | 56,5 | 153,4 | 97,8 | 125,3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.583,0 |
| PROM | 150,8 | 227,0 | 260,7 | 202,5 | 191,2 | 119,3 | 107,6 | 77,0 | 66,8 | 58,0 | 50,9 | 79,3 | 1.591,2 |

2.7.2 Estimación de Caudales

El caudal promedio anual generado en la zona del embalse Pucopío es 1.375 L/s, lo que se observa en la Tabla 2.2, tal como se indica en el Anexo II. Debe hacerse notar que para el cálculo de la escorrentía promedio anual, los valores estimados por la Fórmula de Turc fueron desechados ya que el orden de magnitud de la escorrentía generada por este método es muy diferente del calculado con los otros tres métodos.

Tabla 2.2: “Estimación de Caudales Anuales”

| AÑO | Pp promedio anual (mm) | Q-Grunsky (mm) | Q-Peñuelas (mm) | Q-Coutagne (mm) | Q-turc (mm) | Q promedio anual asociado a Pp. (mm) | Q promedio anual asociado a Pp. (L/s) |
|-------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1980 | 2.039 | 1.414 | 1.539 | 1.676 | 2.273 | 1.543 | 2.048 |
| 1981 | 1.704 | 1.079 | 1.204 | 1.171 | 1.792 | 1.152 | 1.529 |
| 1982 | 1.722 | 1.097 | 1.222 | 1.196 | 1.817 | 1.172 | 1.556 |
| 1983 | 1.336 | 711 | 836 | 720 | 1.252 | 756 | 1.003 |
| 1984 | 1.614 | 989 | 1.114 | 1.050 | 1.660 | 1.051 | 1.395 |
| 1985 | 1.697 | 1.072 | 1.197 | 1.162 | 1.781 | 1.144 | 1.519 |
| 1986 | 1.467 | 842 | 967 | 868 | 1.445 | 892 | 1.185 |
| 1987 | 1.375 | 750 | 875 | 762 | 1.309 | 796 | 1.057 |
| 1988 | 972 | 378 | 473 | 381 | 713 | 411 | 545 |
| 1989 | 1.271 | 646 | 771 | 651 | 1.156 | 690 | 915 |
| 1990 | 1.554 | 929 | 1.054 | 974 | 1.573 | 986 | 1.309 |
| 1991 | 1.776 | 1.151 | 1.276 | 1.272 | 1.895 | 1.233 | 1.637 |
| 1992 | 1.843 | 1.218 | 1.343 | 1.370 | 1.992 | 1.311 | 1.740 |
| 1993 | 1.701 | 1.076 | 1.201 | 1.167 | 1.787 | 1.148 | 1.525 |
| 1994 | 1.904 | 1.279 | 1.404 | 1.462 | 2.080 | 1.382 | 1.834 |
| 1995 | 1.640 | 1.015 | 1.140 | 1.085 | 1.698 | 1.080 | 1.434 |
| 1996 | 1.453 | 828 | 953 | 851 | 1.424 | 877 | 1.164 |
| 1997 | 1.856 | 1.231 | 1.356 | 1.389 | 2.011 | 1.325 | 1.760 |
| 1998 | 1.127 | 508 | 627 | 512 | 941 | 549 | 729 |
| 1999 | 1.492 | 867 | 992 | 897 | 1.481 | 919 | 1.220 |
| 2000 | 1.786 | 1.161 | 1.286 | 1.286 | 1.910 | 1.244 | 1.652 |
| 2001 | 1.540 | 915 | 1.040 | 956 | 1.552 | 971 | 1.289 |
| 2002 | 1.988 | 1.363 | 1.488 | 1.594 | 2.200 | 1.482 | 1.967 |
| 2003 | 1.471 | 846 | 971 | 873 | 1.451 | 897 | 1.190 |
| 2004 | 1.754 | 1.129 | 1.254 | 1.240 | 1.863 | 1.208 | 1.603 |
| 2005 | 1.829 | 1.204 | 1.329 | 1.349 | 1.972 | 1.294 | 1.718 |
| 2006 | 1.856 | 1.231 | 1.356 | 1.389 | 2.011 | 1.326 | 1.760 |
| 2007 | 1.092 | 477 | 592 | 481 | 891 | 517 | 686 |
| 2008 | 1.292 | 667 | 792 | 673 | 1.136 | 711 | 944 |
| 2009 | 1.583 | 958 | 1.083 | 1.010 | 1.512 | 1.017 | 1.350 |
| PROM | | | | | | 1.036 | 1.375 |

2.7.3 Caudales Medios Mensuales

A partir de los caudales anuales, se determinó la distribución de caudales en forma proporcional a las precipitaciones mensuales. El resultado se muestra en la Tabla 2.3

Tabla 2.3: “Caudales Medios Mensuales (m3/s)”

| Año | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Prom |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1980 | 4,200 | 5,699 | 2,782 | 2,394 | 2,299 | 1,338 | 0,149 | 0,945 | 1,361 | 1,732 | 0,396 | 1,276 | 2,048 |
| 1981 | 1,402 | 5,923 | 2,173 | 2,089 | 1,607 | 1,262 | 0,893 | 0,314 | 0,654 | 0,720 | 0,719 | 0,592 | 1,529 |
| 1982 | 1,129 | 5,545 | 2,301 | 2,238 | 2,993 | 1,452 | 0,892 | 0,498 | 0,106 | 0,786 | 0,136 | 0,594 | 1,556 |
| 1983 | 1,488 | 1,239 | 2,111 | 1,515 | 1,366 | 1,877 | 0,424 | 0,057 | 0,171 | 0,388 | 0,908 | 0,497 | 1,003 |
| 1984 | 0,995 | 3,245 | 2,654 | 2,246 | 0,655 | 1,642 | 1,995 | 0,321 | 0,305 | 1,067 | 0,880 | 0,737 | 1,395 |
| 1985 | 2,081 | 3,490 | 3,182 | 1,824 | 1,034 | 1,545 | 0,708 | 0,547 | 0,524 | 0,581 | 1,798 | 0,911 | 1,519 |
| 1986 | 1,868 | 2,703 | 2,128 | 1,041 | 2,286 | 0,572 | 0,799 | 1,385 | 0,180 | 0,125 | 0,334 | 0,794 | 1,185 |
| 1987 | 1,081 | 1,346 | 1,128 | 3,303 | 1,230 | 1,276 | 1,385 | 0,393 | 0,378 | 0,664 | 0,047 | 0,448 | 1,057 |
| 1988 | 0,557 | 0,482 | 1,177 | 0,643 | 1,137 | 0,581 | 0,456 | 0,091 | 0,563 | 0,268 | 0,193 | 0,395 | 0,545 |
| 1989 | 0,616 | 0,468 | 1,222 | 2,040 | 1,889 | 0,828 | 0,768 | 0,392 | 1,236 | 0,551 | 0,389 | 0,588 | 0,915 |
| 1990 | 1,554 | 2,727 | 1,660 | 1,902 | 2,189 | 2,558 | 0,737 | 0,671 | 0,432 | 0,441 | 0,254 | 0,580 | 1,309 |
| 1991 | 0,931 | 3,221 | 2,058 | 2,142 | 2,026 | 1,355 | 0,640 | 0,808 | 3,144 | 0,015 | 1,345 | 1,959 | 1,637 |
| 1992 | 1,865 | 3,244 | 3,123 | 1,537 | 1,411 | 1,757 | 1,518 | 0,459 | 1,363 | 0,451 | 0,399 | 3,755 | 1,740 |
| 1993 | 3,335 | 3,358 | 3,150 | 2,711 | 0,862 | 0,837 | 1,273 | 1,160 | 0,624 | 0,342 | 0,159 | 0,484 | 1,525 |
| 1994 | 2,264 | 2,987 | 3,904 | 2,986 | 1,839 | 1,435 | 2,001 | 1,137 | 1,748 | 1,155 | 0,151 | 0,403 | 1,834 |
| 1995 | 1,660 | 1,244 | 4,437 | 1,676 | 2,703 | 1,008 | 1,430 | 0,636 | 0,046 | 0,514 | 0,601 | 1,248 | 1,434 |
| 1996 | 1,580 | 2,272 | 1,175 | 1,103 | 2,518 | 0,773 | 0,912 | 0,924 | 0,540 | 1,616 | 0,444 | 0,118 | 1,164 |
| 1997 | 2,788 | 2,043 | 4,718 | 3,656 | 1,376 | 1,426 | 2,054 | 1,117 | 0,566 | 0,378 | 0,347 | 0,644 | 1,760 |
| 1998 | 0,778 | 1,551 | 1,196 | 1,140 | 1,290 | 0,806 | 0,167 | 0,293 | 0,302 | 0,337 | 0,327 | 0,555 | 0,729 |
| 1999 | 0,467 | 1,548 | 3,284 | 1,024 | 2,683 | 1,252 | 0,357 | 0,685 | 0,521 | 0,322 | 1,925 | 0,569 | 1,220 |
| 2000 | 1,306 | 1,216 | 5,849 | 2,489 | 1,351 | 1,727 | 1,132 | 0,842 | 0,550 | 1,711 | 0,540 | 1,114 | 1,652 |
| 2001 | 0,485 | 3,078 | 2,310 | 3,526 | 1,538 | 0,615 | 0,681 | 1,081 | 0,137 | 0,190 | 0,656 | 1,169 | 1,289 |
| 2002 | 1,860 | 4,024 | 2,020 | 2,843 | 3,508 | 2,141 | 3,119 | 2,086 | 0,732 | 0,278 | 0,390 | 0,605 | 1,967 |
| 2003 | 0,930 | 0,600 | 2,995 | 1,837 | 1,111 | 1,966 | 1,163 | 1,534 | 0,737 | 0,161 | 0,278 | 0,976 | 1,190 |
| 2004 | 3,515 | 0,281 | 4,658 | 2,312 | 1,250 | 1,504 | 1,685 | 1,081 | 0,908 | 0,489 | 0,097 | 1,460 | 1,603 |
| 2005 | 1,084 | 5,761 | 3,327 | 2,522 | 2,744 | 0,809 | 0,345 | 1,368 | 0,000 | 1,546 | 0,210 | 0,904 | 1,718 |
| 2006 | 1,608 | 2,291 | 3,856 | 3,391 | 2,234 | 1,536 | 2,278 | 0,834 | 1,741 | 0,337 | 0,728 | 0,285 | 1,760 |
| 2007 | 1,250 | 0,713 | 1,033 | 1,421 | 1,247 | 0,421 | 0,860 | 0,328 | 0,000 | 0,317 | 0,334 | 0,314 | 0,686 |
| 2008 | 0,419 | 1,065 | 1,432 | 2,563 | 2,895 | 0,377 | 0,522 | 0,670 | 0,315 | 0,172 | 0,616 | 0,280 | 0,944 |
| 2009 | 1,112 | 3,490 | 2,722 | 0,954 | 3,543 | 0,583 | 1,532 | 0,977 | 1,293 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 1,350 |
| PROM | 1,540 | 2,562 | 2,659 | 2,102 | 1,894 | 1,242 | 1,096 | 0,788 | 0,706 | 0,588 | 0,520 | 0,808 | 1,375 |

2.8 Anteproyecto de Ingeniería

2.8.1 Características de la Presa

En el sitio seleccionado, considerando las características de la fundación en el sitio de la presa, que corresponden a la disponibilidad de materiales en los empréstitos, y la altura máxima de la presa, se puede proponer técnicamente una presa homogénea. En particular, a partir del balance hídrico que se presenta en el Anexo II, se determinó que para satisfacer las necesidades hídricas de las 480 ha de riego, se requiere un volumen de 500.000 m³. La estimación de la superficie de riego se puede ver en el Anexo IV.

Con el fin de determinar las características del embalse, se utilizan las curvas de volumen y superficie determinadas para la angostura seleccionada. Estas se describen a continuación:

- 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 2.2.
- 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 2.3.

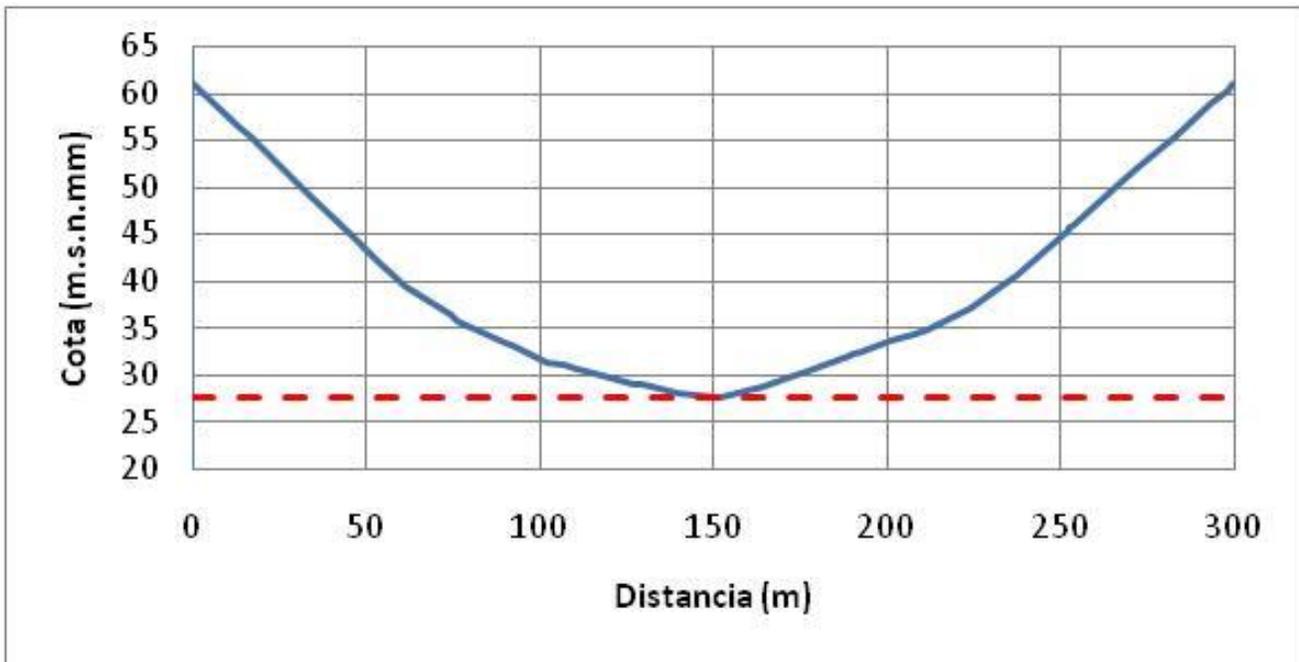


Figura 2.2: “Perfil Transversal del Eje del Muro”

A partir de las curvas de embalse, mostradas en la Figura 2.3, se determinó que la altura útil de embalse, para los 500.000 m³ requeridos para riego, corresponde a 11,1 m. Por otra parte, considerando que las revanchas corresponden a un 15%, se tiene una altura de muro de 12,8 m. Debe hacerse notar que en general la revancha calculada en forma directa resulta ser del orden de un 5 % de la altura del muro, por lo que 15 % es un valor conservativo. Para efectos del diseño se consideran 13,0 m de altura.

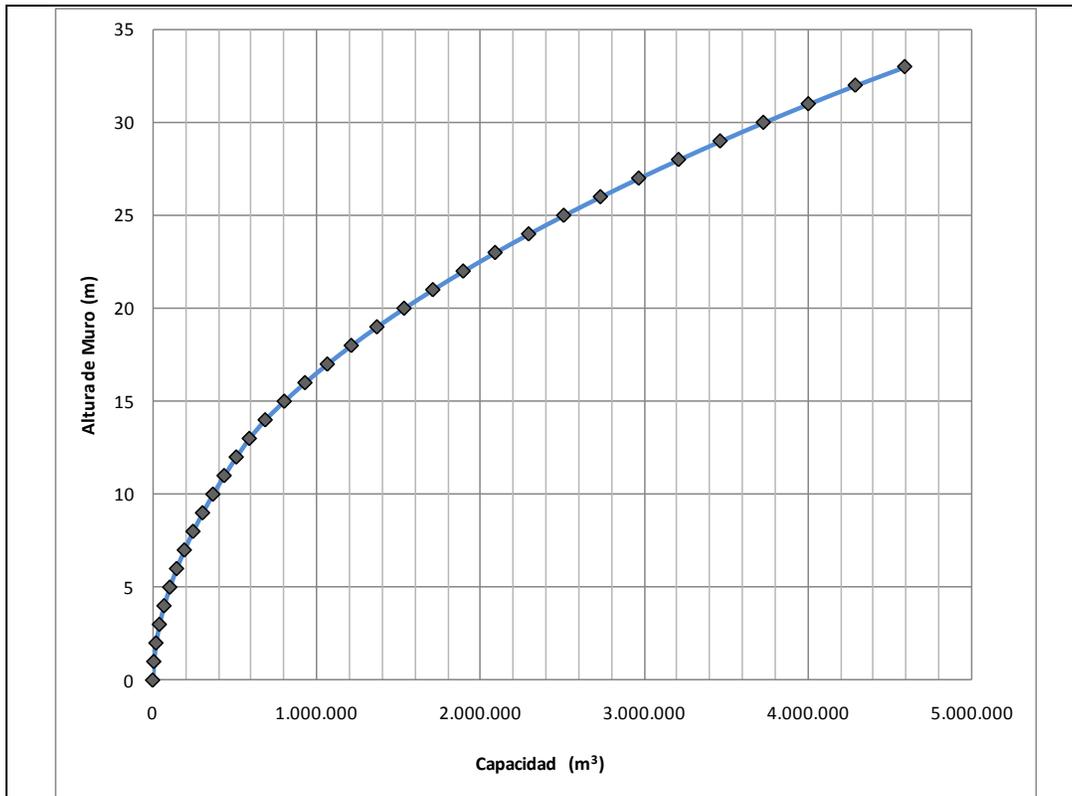
Por otra parte, el ancho de la presa en el coronamiento se estimó con la fórmula siguiente del Bureau of Reclamation que aparece en el libro “Diseño de Presas Pequeñas”:

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

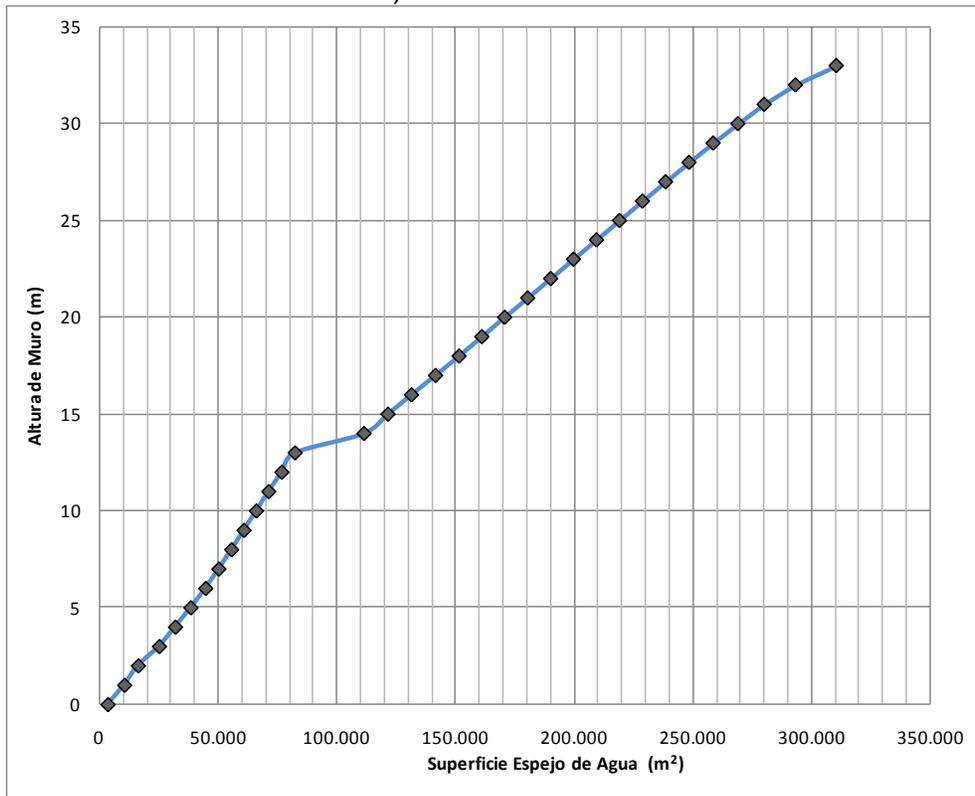
Donde:

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

Aplicando la expresión del Bureau of Reclamation para 42,65 pies de altura se obtiene un ancho de coronamiento de 18,53 pies que equivalen a 5,64 m, para el diseño se adopta un ancho de coronamiento de 6,0 m.



a) Curva de Volumen



b) Curva de Superficie

Figura 2.3: "Curvas Características del Embalse"

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.

A partir de la información anterior, se preparó un perfil típico de la presa homogénea, que se muestra en la Figura 2.4. 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.

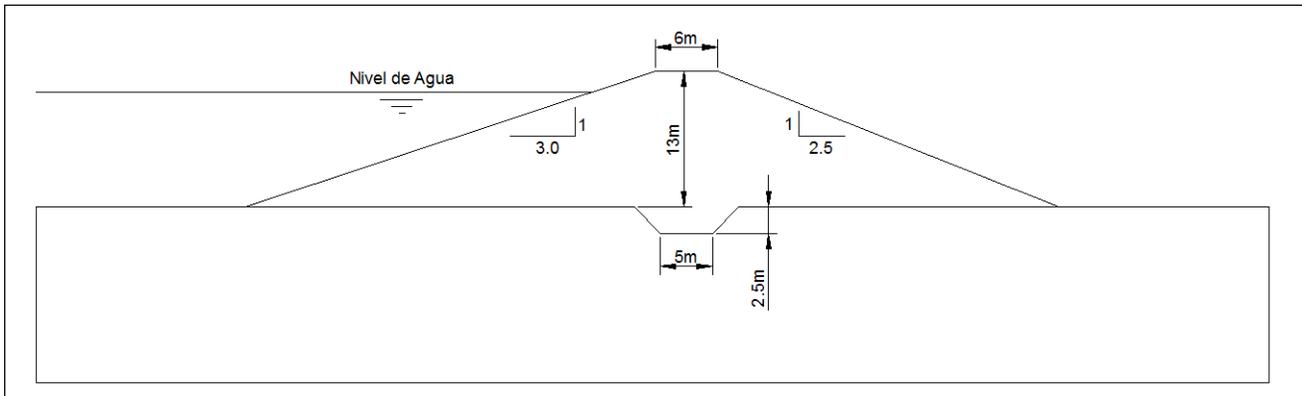


Figura 2.4: “Perfil Tipo Presa Homogénea”

2.8.2 Delimitación de Áreas de Inundación

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 2.5 se observa el área de inundación del embalse, la ubicación en planta del eje y la dirección del escurrimiento.

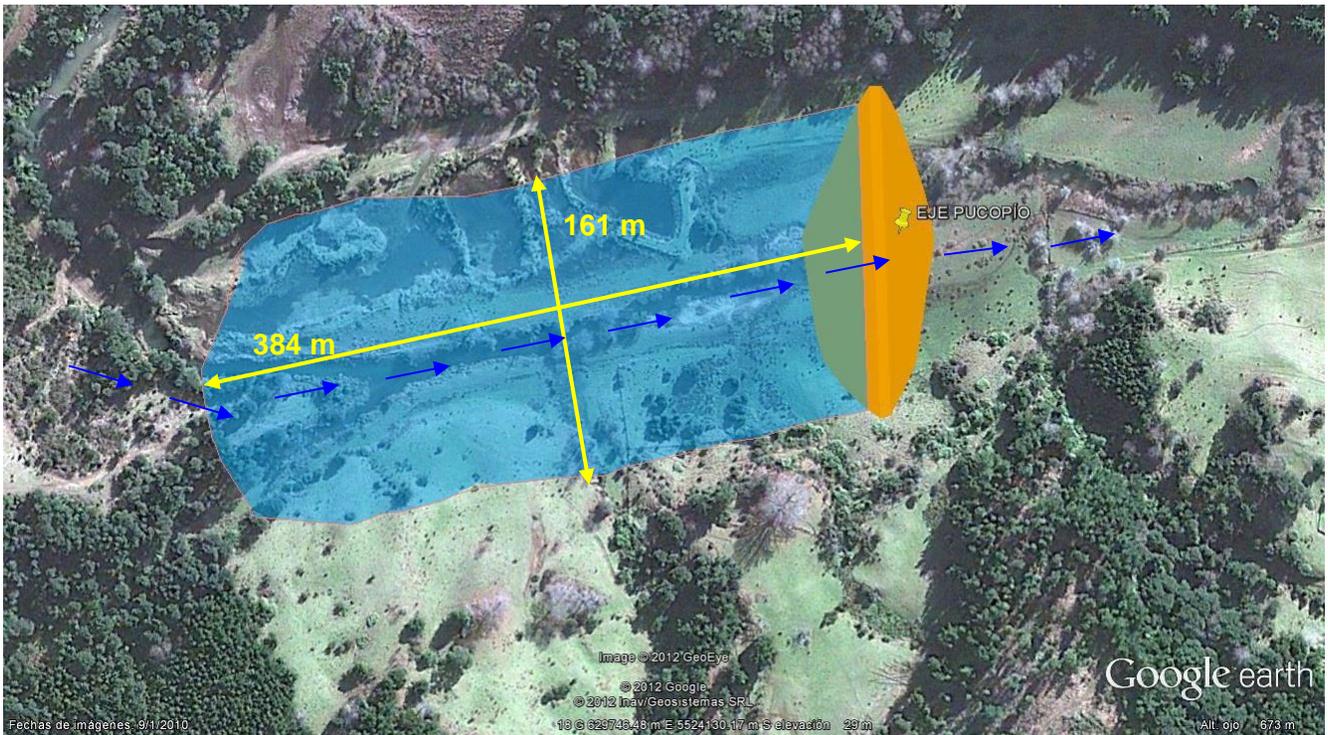


Figura 2.5: “Zona de Inundación Embalse Pucopío”

2.9 Costos de las Obras

En este acápite se describen y valorizan las obras necesarias para el embalse (muro, vertedero y obras de entrega).

2.9.1 Muro

En general, se puede indicar que en la Región de Los Lagos, considerando las características de las fundaciones en los sitios de la presa y la disponibilidad de materiales en los empréstitos, se puede proponer técnicamente una presa homogénea.

2.9.2 Vertedero

Esta obra está destinada a captar los caudales de crecida que llegan al embalse y conducirlos hasta un cauce en forma segura, en un marco completo, involucra obras de vertedero, canal colector, tramos de transición, sección de control, rápido de descarga y dissipador de energía.

La magnitud y el tipo de obras que se consideraran dependen de las condiciones topográficas, geológicas, caudal de diseño, emplazamiento de la presa, existencia de quebradas y distancia al cauce receptor, entre otras. Por lo que cada sitio tiene un análisis propio.

Los criterios de diseño empleados se indican a continuación:

- La ubicación del canal de conducción o entrada desde el embalse hasta el vertedero, debe estar lo suficientemente alejada de la presa tal de evitar que las corrientes de agua alcancen velocidades altas entorno a la presa.

- El vertedero y sección de control se consideran de tipo libre (sin compuertas de regulación), frontal y recto, cuyos perfiles se determinan según lo propuesto por el U.S. Bureau of Reclamation (USBR).
- La pendiente utilizada en el rápido de descarga debe ser tal de generar la menor velocidad posible, sin incurrir en excavaciones excesivas.

2.9.3 Obra de Desviación y Entrega

Se plantea que la metodología de construcción de la presa del embalse considere la desviación de las aguas durante el estiaje, mediante una obra que tenga los siguientes dos propósitos:

- (i) Desviación de las aguas del estero durante la construcción.
- (ii) Entrega de agua controlada durante la operación.

Para lo anterior, se considera las obras siguientes:

- a) Ataguía o muro provisorio de desviación de las aguas: Consiste en un muro de tipo provisorio, que se construye aguas arriba del talud de aguas arriba del embalse, que permite conducir las aguas del estero hasta la obra de conducción. Este muro es del mismo material del espaldón del embalse y su altura es de 2,5 m, ambos taludes de H: V 1,5:1,0 y ancho del coronamiento de 3,0 m.
- b) Torre de toma: Consiste en una estructura de hormigón armado que tiene una entrada para el agua que se entregará durante la operación, a la cota que deje un volumen no utilizable o "Volumen Muerto" para la acumulación de sedimentos. Durante la etapa de construcción de la presa, se capta el caudal del estero desde la cota de captación y se conducen por una tubería de acero hasta aguas abajo de la presa. Una vez terminada la presa, se cierra la entrada inferior a la tubería, quedando habilitada sólo la entrada superior.
- c) Tubería de conducción de las aguas: Consiste en una tubería de acero de calidad A32-24, con un diámetro adecuado que permita durante la operación del embalse, la entrega máxima a riego. Para el cálculo hidráulico de la tubería, se ha considerado el escurrimiento en acueducto, con una altura máxima de escurrimiento de 80% del diámetro.

2.9.4 Otras Obras

Preliminarmente se identifica la necesidad de considerar caminos y obras de distribución.

2.9.5 Cubicaciones y Presupuestos

Se elaboró el presupuesto sobre la base de las cubicaciones de las obras contenidas en el diseño y de un análisis de precios unitarios. En algunos casos, se considera el costo como un porcentaje del costo directo de la presa.

Por último, también se considera la necesidad de expropiaciones, valor que se presenta en forma estimativa.

El presupuesto se ha elaborado tanto a precios privados como a precios sociales, los cuales se han estimado en función del tamaño de las obras. El resultado se presenta en la Tabla 2.4..

Tabla 2.4: Cubicación y presupuesto de las obras”

| ÍTEM | | CANTIDAD | PRIVADO P.U. | SOCIAL P.U. | PRIVADO VALOR | SOCIAL VALOR |
|---|---------------------------------|----------|-----------------|----------------|--------------------|----------------------|
| INSTALACIÓN DE FAENAS | | | | | | |
| GL | INSTALACIÓN DE FAENAS | 1,0 | 10.000.000 | 10.000.000 | 10.000.000 | 10.000.000 |
| SUB TOTAL | | | | | 10.000.000 | 10.000.000 |
| PRESA | | | | | | |
| M2 | Roce descepe y escarpe | 15.550 | 1.500 | 1.320 | 23.325.000 | 20.526.000 |
| M3 | Excavaciones | 6.306 | 5.000 | 4.800 | 31.530.000 | 30.268.800 |
| M3 | Relleno de la presa | 49.750 | 4.000 | 3.840 | 199.000.000 | 191.040.000 |
| M3 | Enrocado de protección e=0,5 m | 1.166 | 50.000 | 48.000 | 58.300.000 | 55.968.000 |
| M2 | Filtro geotextil sobre enrocado | 7.515 | 3.500 | 3.430 | 26.302.500 | 25.776.450 |
| SUB TOTAL | | | | | 338.457.500 | 323.579.250 |
| OBRA DE DESVÍO, TOMA Y TUBERÍA DE ENTREGA | | | | | | |
| GL | Obra de desvío | 1 | 33.845.750 | 32.153.463 | 33.845.750 | 32.153.463 |
| GL | Obra de toma | 1 | 16.922.875 | 16.076.731 | 16.922.875 | 16.076.731 |
| GL | Vertedero | 1 | 118.460.125 | 112.537.119 | 118.460.125 | 112.537.119 |
| SUB TOTAL | | | | | 169.228.750 | 160.767.313 |
| OTROS COSTOS | | | | | | |
| GL | Sistema de Distribución | 1 | 67.691.500 | 64.306.925 | 67.691.500 | 64.306.925 |
| GL | Caminos de Acceso | 1 | 33.845.750 | 32.153.463 | 33.845.750 | 32.153.463 |
| SUB TOTAL | | | | | 101.537.250 | 96.460.388 |
| TOTAL COSTO DIRECTO (\$) | | | | | 619.223.500 | 590.806.950 |
| GASTOS GENERALES, UTILIDADES E IMPREVISTOS (\$) | | | | | 60% | 371.534.100 |
| EXPROPIACIONES (\$) | | | | | | 100.000.000 |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (\$) | | | | | | 1.090.757.600 |
| COSTO TOTAL DE OBRA DE REGULACION (SIN IVA) (UF) | | | | | 49.551 | 47.486 |

2.9.6 Costos Ambientales

Los costos ambientales consideran las posibles medidas de mitigación que se deben realizar durante la construcción de las obras, además de costos de monitoreo durante los primeros años de operación de las obras. Los costos de mitigación se estimaron como un 5% del costo directo, y el de monitoreo como un valor anual constante. En la Tabla 2.5 se muestran los costos ambientales adoptados.

Tabla 2.5 Costos Ambientales. \$

| AÑO | MITIGACIÓN | MONITOREO | TOTAL |
|-------|------------|------------|------------|
| 1 | 30.961.175 | 5.000.000 | 35.961.175 |
| 2 | 30.961.175 | 5.000.000 | 35.961.175 |
| 3 | | 5.000.000 | 5.000.000 |
| 4 | | 5.000.000 | 5.000.000 |
| 5 | | 5.000.000 | 5.000.000 |
| Total | 61.922.350 | 25.000.000 | 86.922.350 |

2.10 Potencial Hidroeléctrico

En lo que respecta al potencial hidroeléctrico de la obra, este se determinó en base al balance hídrico presentado en el Anexo II. El análisis se hizo tanto para el caudal captado como para un potencial caudal captable máximo. Para ambos casos se consideran las siguientes condiciones:

- La altura neta de caída es un 95% de la altura total de caída igual a 11,1 m, que corresponde al nivel de aguas máximas de funcionamiento
- La eficiencia total (η_T) del sistema es de un 83%.
- La potencia eléctrica (en kWh) de la MCH viene dada por:

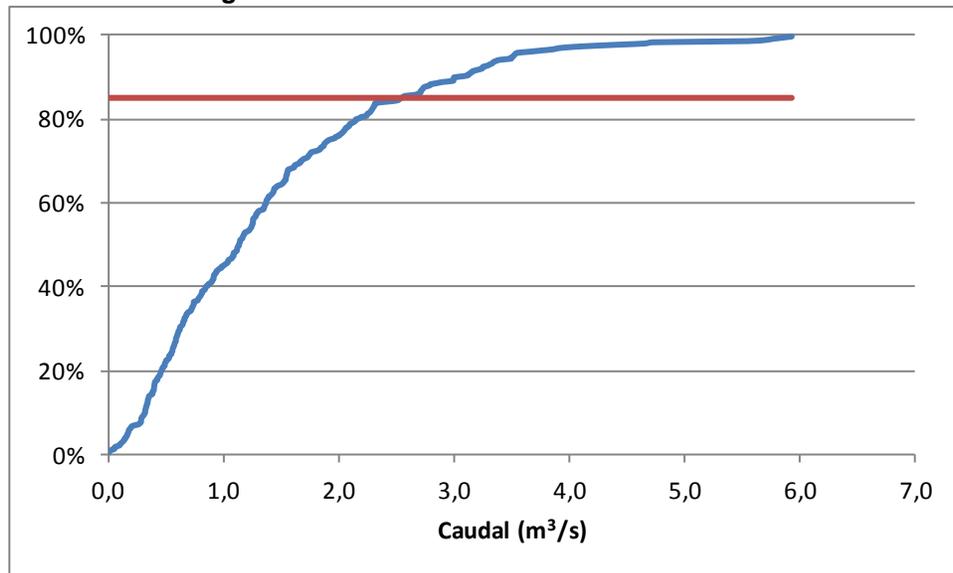
$$P = \eta_T \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Con:

- η_T : Eficiencia total
- Q : Caudal de diseño en m³/s
- H : Altura neta de caída en m
- g : Aceleración de gravedad en m/s²

Para la primera condición se considera un caudal de 200 L/s, igual al de entrega al riego. Por otra parte, como caudal máximo probable de diseño se considera un caudal equivalente al 85 % del caudal histórico representado por la curva de duración media mensual que se presenta en la Figura 2.6. A partir de esta figura, el caudal máximo de diseño se determina como 2,5 m³/s.

Figura 2.6: Curva de Duración Media Mensual



A partir de los antecedentes anteriores, la potencia instalable varía entre 17 kW y 215 kW. De esta manera, la energía generable a nivel medio anual varía entre 30 MWh y 947 MWh.

Para efectos de la evaluación de la MCH se cose considerará la instalación de equipos que permitan desarrollar los 215 KW, pero considerando como energía generada anual un valor promedio de 488.5 MWh.

3 PERFIL AGROECONÓMICO

Como se mencionó anteriormente, la superficie estimada a regar es de 480 hectáreas aproximadamente. A continuación se describirá la Situación actual (SA), optimizada (SAO) y futura (SF) para la zona beneficiada con el fin de estimar los beneficios agroeconómicos asociados.

3.1 Caracterización Productiva

3.1.1 Situación Actual (SA)

La zona beneficiada por el proyecto, actualmente se encuentra en una situación de secano, existiendo sólo praderas naturales para forraje y agricultura de subsistencia en algunas viviendas del sector.

Para este análisis se considerará que la Situación Actual es igual a la Situación Actual Optimizada, la cual ha sido caracterizada según la estadística del Censo Agropecuario del año 2007.

3.1.2 Situación Actual Optimizada (SAO)

Se considera que la SAO puede llegar a tener una seguridad de riego del 50%, por lo que se puede caracterizar mediante 6 cultivos, predominando las praderas naturales, permanentes y cereales. La distribución asignada a los cultivos se muestra en la Tabla 3.1

Tabla 3.1: Caracterización Situación Productiva SAO

| Cultivo | SAO | |
|----------------------|-----------|--------------|
| | Ha | % |
| Cereales y Otros | 1,5 | 15,0 |
| Cultivos Anuales | 0,5 | 5,0 |
| Praderas Permanentes | 3,7 | 37,0 |
| Praderas Naturales | 4,0 | 40,0 |
| Huerto Frutal | 0,2 | 2,0 |
| Manzano | 0,1 | 1,0 |
| Total | 10 | 100,0 |

3.1.3 Situación Futura (SF)

En el caso de la situación futura se ha considerado el cambio de la estructura productiva dado que se tendría una seguridad de riego al menos del 85%. Se estima que, dado este aumento en la seguridad, es posible incrementar la superficie de frutales en desmedro de las praderas y los cereales. De esta manera los frutales aumentan a un 40,1 %. La estructura productiva considerada para la SF se presenta en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2: Caracterización Situación Productiva SF

| Cultivo | SF | |
|----------------------|------------|--------------|
| | Ha | % |
| Cereales y Otros | 72, | 15,0 |
| Cultivos Anuales | 48,0 | 10,0 |
| Praderas Permanentes | 96,0 | 20,0 |
| Praderas Mixtas | 67,7 | 14,1 |
| Praderas Naturales | 4,0 | 0,8 |
| Huerto Frutal | 0,3 | 0,1 |
| Manzano | 24,0 | 5,0 |
| Arándano | 96,0 | 20,0 |
| Frambuesa | 72,0 | 15,0 |
| Total | 480 | 100,0 |

Con lo anterior se tiene las siguientes condiciones para la caracterización de la situación productiva

Tabla 3.3: Caracterización de la Situación Productiva

| Cultivo | SA | | SF | | Sup. incorporada en SF (ha) | Superficie queda igual a la SA (ha) |
|----------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| | Ha | % | Ha | % | | |
| Cereales y Otros | 1,5 | 15,0 | 72,0 | 15,0 | 70,5 | 1,5 |
| Cultivos Anuales | 0,5 | 5,0 | 48,0 | 10,0 | 47,5 | 0,5 |
| Praderas Permanentes | 3,7 | 37,0 | 96,0 | 20,0 | 92,3 | 3,7 |
| Praderas Mixtas | 0,0 | 0,0 | 67,7 | 14,1 | 67,7 | 0,0 |
| Praderas Naturales | 4,0 | 40,0 | 4,0 | 0,8 | 0,0 | 4,0 |
| Huerto Frutal | 0,2 | 2,0 | 0,3 | 0,1 | 0,1 | 0,2 |
| Manzano | 0,1 | 1,0 | 24,0 | 5,0 | 23,9 | 0,1 |
| Arándano | 0,0 | 0,0 | 96,0 | 20,0 | 96,0 | 0,0 |
| Frambuesa | 0,0 | 0,0 | 72,0 | 15,0 | 72,0 | 0,0 |
| Total | 10,0 | 100,0 | 480,0 | 100,0 | 470,0 | 10,0 |

3.2 Márgenes Netos

Para la caracterización agrícola futura de la cuenca, se ha utilizado el promedio de los resultados económicos presentados en el estudio “Evaluación Agroeconómica del Sector de Influencia de Riego del Embalse Punilla, VIII Región del Bío Bío” (MdeA Consultores, 2009)”. Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros. Esto permite seleccionar los márgenes netos por hectárea, tanto a precios de mercado como sociales, en situación actual y futura. Los valores se pueden ver en el Anexo I: Tabla 2.3

Para asignar los márgenes brutos y netos para cada alternativa, se definieron flujos que representen la realidad económica. Ahora bien, como lo que interesa es definir el margen relativo entre los diferentes estratos expresados en el flujo, se definen valores que, en promedio, representan la situación existente tanto en situación actual como en situación futura, diferenciando los cultivos presentes en el área de estudio.

En base a información disponible, como Base Actual Optimizada y Base Futura, se determinó los márgenes unitarios para la situación actual y futura, tanto a precios de mercado como sociales, según lo que se muestra en la tabla

Tabla 3.4: Resumen Márgenes Situación Actual Optimizada y Futura. \$/ha

| Cultivo | Año | Precios de Mercado | | Precios Sociales | |
|-----------------|-----|--------------------|------------|------------------|------------|
| | | SAO | SF | SAO | SF |
| Trigo | - | 199.092 | 321.096 | 204.073 | 326.349 |
| Poroto Verde | - | 625.892 | 989.003 | 677.247 | 1.233.134 |
| Remolacha | - | 901.504 | 976.878 | 963.639 | 1.045.261 |
| Papa | - | 166.769 | 1.413.053 | 244.231 | 1.541.505 |
| Alfalfa | - | 337.720 | 548.305 | 337.720 | 586.561 |
| Pradera Mixta | - | 84.595 | 189.662 | 84.595 | 209.662 |
| Pradera Natural | - | 44.480 | 134.225 | 44.480 | 147.856 |
| Huerta Frutal | - | 241.444 | 453.556 | 329.556 | 614.778 |
| Manzano | 0 | -1.341.264 | -1.582.497 | -1.213.331 | -1.440.810 |
| | 1 | -301.284 | -355.471 | -269.016 | -319.452 |
| | 2 | -552.884 | -652.323 | -466.688 | -554.184 |
| | 3 | -384.317 | -406.826 | -259.119 | -264.051 |

Tabla 3.4: Resumen Márgenes Situación Actual Optimizada y Futura. \$/ha

| Cultivo | Año | Precios de Mercado | | Precios Sociales | |
|-----------|--------|--------------------|------------|------------------|------------|
| | | SAO | SF | SAO | SF |
| | 4 | 78.729 | 217.189 | 254.092 | 418.125 |
| | 5 | 1.005.303 | 1.445.069 | 1.245.936 | 1.722.016 |
| | 6 | 1.693.956 | 2.361.163 | 1.989.628 | 2.702.133 |
| | 7 a 20 | 2.345.540 | 3.233.521 | 2.704.355 | 3.647.855 |
| | 0 | -2.988.839 | -4.514.748 | -2.694.803 | -4.305.591 |
| Arándano | 1 | -292.067 | -441.177 | -240.307 | -383.948 |
| | 2 | -462.965 | -674.347 | -206.691 | -382.418 |
| | 3 | 291.900 | 490.881 | 726.972 | 1.057.154 |
| | 4 | 1.359.190 | 2.153.016 | 1.966.823 | 2.933.754 |
| | 5 | 2.657.592 | 4.164.254 | 3.398.137 | 5.116.263 |
| | 6 | 3.141.063 | 4.919.532 | 4.002.688 | 6.029.998 |
| | 7 | 3.970.307 | 6.209.601 | 4.973.432 | 7.502.726 |
| | 8 a 12 | 4.646.639 | 7.268.691 | 5.838.483 | 8.806.583 |
| | 0 | -1.741.926 | -2.356.070 | -1.634.446 | -2.204.870 |
| Frambuesa | 1 | -108.523 | 195.388 | -24.881 | 313.521 |
| | 2 | 192.310 | 1.491.933 | 533.845 | 1.969.667 |
| | 3 | 657.331 | 2.942.118 | 1.188.319 | 3.685.559 |
| | 4 | 1.062.301 | 4.174.211 | 1.742.294 | 5.127.044 |
| | 5 a 10 | 1.721.499 | 5.750.165 | 2.594.579 | 6.970.950 |

Nota: Moneda a Septiembre de 2011. UF: \$22.012,69, USD: \$ 515,14

3.3 Flujos Agroeconómicos

Los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes unitarios por la superficie. El modelo de simulación mostró, que en situación futura, es posible regar 480 ha, a partir de unas 10 ha actuales. No obstante, debe tenerse en cuenta que para la evaluación del margen diferencial, debe considerarse una inclusión gradual de la superficie al nuevo riego. El incremento adoptado se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.5: Incorporación de superficie al riego en cultivos anuales.

| Año | Porcentaje (%) |
|-----|----------------|
| 1 | 20 |
| 2 | 30 |
| 3 | 50 |

3.3.1 Márgenes Estabilizados Situación Futura

La plantación de frutales se considera gradual durante 3 años en los porcentajes mostrados en la Tabla 3.5. Esto implica que los márgenes a utilizar en la evaluación económica se deben estabilizar según esta gradualidad. En la

Tabla 3.6 se muestran los márgenes estabilizados para los frutales, a precios de mercado y sociales, y en el “Anexo I, Tabla 3.6” se muestra el detalle de la estabilización.

Tabla 3.6: Márgenes Estabilizados para frutales

| Año | Márgenes Estabilizados. Precios Mercado. \$/ha | | | Márgenes Estabilizados. Precios Sociales. \$/ha | | |
|-----|---|------------|-----------|--|------------|-----------|
| | Manzano | Arándano | Frambuesa | Manzano | Arándano | Frambuesa |
| 0 | -316.499 | -902.950 | -471.214 | -288.162 | -861.118 | -440.974 |
| 1 | -545.843 | -1.442.660 | -667.743 | -496.133 | -1.368.467 | -598.757 |
| 2 | -1.028.354 | -2.524.597 | -821.032 | -927.077 | -2.344.463 | -614.445 |
| 3 | -454.798 | -324.717 | 1.133.697 | -378.791 | -95.268 | 1.484.772 |
| 4 | -404.772 | 240.694 | 2.463.444 | -272.682 | 712.688 | 3.115.910 |
| 5 | 150.757 | 1.724.196 | 3.873.355 | 337.815 | 2.431.956 | 4.775.083 |
| 6 | 1.014.348 | 3.309.691 | 4.962.188 | 1.266.094 | 4.207.755 | 6.048.997 |
| 7 | 2.077.588 | 4.799.907 | 5.750.165 | 2.401.219 | 5.867.676 | 6.970.950 |
| 8 | 2.797.342 | 5.776.384 | | 3.174.994 | 7.027.133 | |
| 9 | 3.233.521 | 6.739.146 | | 3.647.855 | 8.154.654 | |
| 10 | | 7.268.691 | | | 8.806.583 | |

Nota: Moneda a Septiembre de 2011. UF: \$22.012,69, USD: \$ 515,14

En tanto, los cultivos anuales: poroto, remolacha y papa; se considerarán en una proporción de plantación del 30%, 40% y 30%, respectivamente. Por lo que el margen anual para los estos cultivos corresponde al mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 3.7: Margen Bruto cultivos anuales.

| Margen Bruto \$/ha | |
|--------------------|------------------|
| Precios de Mercado | Precios sociales |
| 1.111.368 | 1.250.496 |

Nota: Moneda a Septiembre de 2011. UF: \$22.012,69, USD: \$ 515,14

3.3.2 Costos

En los flujos agroeconómicos es necesario considerar los costos asociados a las plantaciones, asistencia técnica y puesta en riego. A continuación se describen estos costos.

3.3.2.1 Programa transferencia 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.

Entre los sistemas o actividades agrícolas que requerirá más apoyo técnico está el riego, ya que de su correcto funcionamiento, depende gran parte el resultado del proceso productivo agropecuario. Cabe señalar que el riego eficiente ofrece innumerables ventajas para el productor agrícola. Cuando se emplean métodos de riego de baja eficiencia, normalmente se utiliza el doble del agua que la que realmente consumen los cultivos. Por esto, cuando se emplean métodos de mayor eficiencia, es posible ampliar las áreas actualmente cultivadas o mejorar la seguridad de riego.

Se ha contemplado la ejecución de un programa de aplicación tecnológica en sistemas de riego y cultivos. Este programa será enfocado a través de la implementación de Parcelas Demostrativas y/o Unidades de Validación por un periodo de cuatro a seis años, dependiendo del estrato de tamaño predial.

Para el establecimiento de estas unidades se deben considerar los siguientes aspectos:

- La validación de los sistemas productivos y las tecnologías a implementar se deben realizar en forma local.
- Se debe promover la participación tanto de las organizaciones de regantes como de los propios agricultores en la validación de los proyectos seleccionados
- Los proyectos de validación deben crear efectos institucionales integrados a las respectivas áreas
- Se debe proporcionar una total cobertura a los agricultores durante el proceso, a través de asistencia técnica y capacitación
- Durante la validación de los sistemas productivos y tecnológicos se debe dar énfasis a la gestión empresarial
- Se deben apoyar y asesorar los procesos de comercialización

El programa considera la implementación de 4 Unidades demostrativas, correspondientes aquellos cultivos/plantaciones con mayor potencial. Ello corresponde a una unidad para Praderas mixtas y otra para cereales, adicionando 2 unidades a frutales, arándanos y frambuesa. Además, en estas mismas parcelas se puede destinar un sector para exposición de equipos de riego, considerando e incorporando el trabajo que se encuentran desarrollando en el área de estudio diversas instituciones del sector público, tales como INDAP, INIA, CORFO y otros, más algunas instituciones y empresas del sector privado, tales como cooperativas, ONGs, instituciones financieras, universidades, etc.

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 la Tabla 3.8.

Luego, se determinaron los costos de asistencia técnica en el tiempo, para las 480 hectáreas, lo que se muestran en la Tabla 3.9.

Tabla 3.8: Costo de Asistencia Técnica por Agricultor. \$/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 |

Tabla 3.9: Costo Asistencia Técnica Anual para 480 ha. \$

| Año | Asistencia Técnica |
|-----|--------------------|
| 1 | 32.967.840 |
| 2 | 32.967.840 |
| 3 | 32.967.840 |
| 4 | 32.967.840 |
| 5 | 43.452.000 |
| 6 | 73.440.000 |

3.3.2.2 Programa de asistencia técnica

Adicionalmente, considerando la situación productiva proyectada y el conocimiento técnico de los agricultores de la zona, posteriormente finalizado el programa base de transferencia tecnológica, se destinarán recursos para una asesoría permanente por el resto del ciclo de vida del proyecto (año 7 año 30). Para ello se considera la participación de 2 técnicos agrícolas, uno especialista en frutales y otro especialista en praderas y cultivos anuales. El costo de lo anterior se presenta en la Tabla 4. 10.

| AGRICULTOR | Año 7 al Año 30 |
|-----------------|-----------------|
| MAYORES A 50 ha | 15.500 |
| ENTRE 5 A 50 ha | 17.500 |
| MENORES A 5 ha | 47.500 |
| PROMEDIO | 26.833 |

3.3.2.3 Puesta en Riego

Los cambios de estructura productiva requieren incluir los equipos de riego suficientes para que, en situación futura, se puedan alcanzar las eficiencias y rendimientos esperados. Por este motivo se ha considerado un valor promedio ponderado de costos de inversión, reparación y energía para riego. Los sistemas de riego considerados para la superficie a regar, con un 85% de seguridad, son: goteo para frutales y aspersión para pradera permanentes (alfalfa). Los resultados se presentan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Costo de Puesta en Riego por Hectárea

| Tipo Sistema | Inversión (\$/ha) | Costo Anual \$/ha | | |
|-----------------|-------------------|-------------------|---------|---------|
| | | Reparaciones | Energía | Total |
| Aspersión (20%) | 856.350 | 42.818 | 92.500 | 135.318 |
| Goteo (80%) | 2.035.603 | 101.780 | 267.956 | 369.736 |
| Total Ponderado | 1.799.752 | 89.988 | 232.865 | 322.853 |

Esta incorporación supone una gradualidad la cual se definió según Tabla 3.11.

Tabla 3.11: Gradualidad Puesta en Riego

| Año | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|-----|-----|-----|-----|------|
| Porcentaje | 10% | 20% | 40% | 70% | 100% |

A partir de la información de costos y la gradualidad de incorporación de los cultivos se determinó el costo de incorporación de tecnología de riego, el que se muestra en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12: Costo de Incorporación al Riego

| AÑO | PUESTA EN RIEGO |
|--------|-----------------|
| 1 | 51.152.563 |
| 2 | 60.328.680 |
| 3 | 120.657.361 |
| 4 | 190.162.159 |
| 5 | 217.690.512 |
| 6 a 30 | 91.761.177 |

3.3.2.4 Costos Indirectos

Como parte de la determinación del margen neto de la Situación Actual y Futura, se han estimado los gastos indirectos generales promedio para el área de estudio. Estos se pueden resumir en:

- Administración
- Contribuciones (solo para precios de mercado)
- Contabilidad
- Movilización
- Comunicaciones
- Mantención
- Acciones de agua
- Limpia de Canales

La Tabla 3.13 resume el valor de los gastos indirectos considerados

Tabla 3.13: Costos indirectos por Hectárea

| Costos Indirectos | SAO \$/ha | SF \$/ha |
|--------------------|--------------|-------------|
| P. Mercado | 20,970 | 139,362 |
| P. Sociales | 20,970 | 122,573 |

3.3.2.5 Pre-Inversión

Dado que la inversión del embalse evaluado es de un valor aproximado de MM\$ 1.000 los costos de estudios de Prefactibilidad, factibilidad y diseño, se hacen significativos, por lo que se realizará una evaluación económica adicional que considere estos ítems. Los valores de preinversión son los siguientes:

Tabla 3.14: Valores de Pre-Inversión

| Estudio | \$ |
|---------|----|
|---------|----|

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Prefactibilidad | 421,748,809 |
| Factibilidad y Diseño | 500,000,000 |
| Total | 921,748,809 |

3.3.3 Flujo Agronómico

Con todo lo anterior, los flujos agroeconómicos, considerando la incorporación gradual de la nueva superficie de riego, corresponde al mostrado en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Flujos Agroeconómicos. \$

| Año | Superficie Futura (ha) | Precios de Mercado. \$ | | | Precios Sociales. \$ | | |
|-----|------------------------|------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------|---------------|
| | | SAO | SF | Diferencial | SAO | SF | Diferencial |
| 0 | 10 | 2.135.202 | 2.135.202 | 0 | 2.227.160 | 2.227.160 | 0 |
| 1 | 48 | 2.135.202 | -247.395.009 | -249.530.210 | 2.227.160 | -229.742.255 | -231.969.415 |
| 2 | 96 | 2.135.202 | -286.344.092 | -288.479.293 | 2.227.160 | -258.719.740 | -260.946.900 |
| 3 | 192 | 2.135.202 | -403.658.405 | -405.793.607 | 2.227.160 | -348.783.276 | -351.010.436 |
| 4 | 336 | 2.135.202 | -107.514.741 | -109.649.942 | 2.227.160 | -38.106.650 | -40.333.810 |
| 5 | 480 | 2.135.202 | 5.690.555 | 3.555.354 | 2.227.160 | 121.424.693 | 119.197.533 |
| 6 | 480 | 2.135.202 | 358.849.979 | 356.714.777 | 2.227.160 | 516.479.275 | 514.252.115 |
| 7 | 480 | 2.135.202 | 683.523.667 | 681.388.465 | 2.227.160 | 874.295.445 | 872.068.285 |
| 8 | 480 | 2.135.202 | 908.751.437 | 906.616.235 | 2.227.160 | 1.127.180.651 | 1.124.953.491 |
| 9 | 480 | 2.135.202 | 1.019.709.819 | 1.017.574.617 | 2.227.160 | 1.256.997.230 | 1.254.770.070 |
| 10 | 480 | 2.135.202 | 1.069.485.708 | 1.067.350.507 | 2.227.160 | 1.319.578.358 | 1.317.351.198 |
| 11 | 480 | 2.135.202 | 1.120.322.046 | 1.118.186.845 | 2.227.160 | 1.382.163.495 | 1.379.936.335 |
| 12 | 480 | 2.135.202 | 1.003.592.262 | 1.001.457.060 | 2.227.160 | 1.250.031.679 | 1.247.804.519 |
| 13 | 480 | 2.135.202 | 865.238.572 | 863.103.371 | 2.227.160 | 1.088.098.784 | 1.085.871.624 |
| 14 | 480 | 1.766.521 | 420.472.213 | 418.705.692 | 1.835.391 | 583.752.391 | 581.916.999 |
| 15 | 480 | 1.870.519 | 300.184.938 | 298.314.418 | 1.929.823 | 432.673.161 | 430.743.338 |
| 16 | 480 | 1.845.359 | -56.866.087 | -58.711.446 | 1.910.056 | 33.679.970 | 31.769.915 |
| 17 | 480 | 1.862.216 | 255.860.551 | 253.998.335 | 1.930.813 | 369.092.163 | 367.161.350 |
| 18 | 480 | 1.908.520 | 388.598.335 | 386.689.815 | 1.982.134 | 538.446.022 | 536.463.888 |
| 19 | 480 | 2.001.178 | 587.871.699 | 585.870.521 | 2.081.318 | 770.006.745 | 767.925.427 |
| 20 | 480 | 2.070.043 | 740.170.784 | 738.100.741 | 2.155.687 | 940.581.506 | 938.425.818 |
| 21 | 480 | 2.135.202 | 883.318.741 | 881.183.539 | 2.227.160 | 1.100.028.460 | 1.097.801.300 |
| 22 | 480 | 2.135.202 | 1.007.103.384 | 1.004.968.183 | 2.227.160 | 1.243.963.886 | 1.241.736.726 |
| 23 | 480 | 2.135.202 | 954.109.056 | 951.973.855 | 2.227.160 | 1.188.922.405 | 1.186.695.245 |
| 24 | 480 | 2.135.202 | 816.377.133 | 814.241.932 | 2.227.160 | 1.035.638.124 | 1.033.410.964 |
| 25 | 480 | 2.135.202 | 612.053.882 | 609.918.680 | 2.227.160 | 796.669.337 | 794.442.177 |
| 26 | 480 | 2.135.202 | 753.991.017 | 751.855.816 | 2.227.160 | 950.351.145 | 948.123.985 |
| 27 | 480 | 2.135.202 | 636.779.007 | 634.643.805 | 2.227.160 | 830.642.430 | 828.415.270 |
| 28 | 480 | 2.135.202 | 497.799.213 | 495.664.012 | 2.227.160 | 669.972.248 | 667.745.088 |
| 29 | 480 | 2.135.202 | 148.864.770 | 146.729.568 | 2.227.160 | 272.434.633 | 270.207.473 |
| 30 | 480 | 2.135.202 | 434.004.121 | 431.868.919 | 2.227.160 | 573.246.701 | 571.019.541 |

Nota: Moneda a Septiembre de 2011. UF: \$22.012,69, USD: \$ 515,14

El detalle de la determinación del flujo agronómico se puede ver en el Anexo I, Hoja 9.

4 EVALUACIÓN ECONÓMICA

4.1 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 evaluando, en primer lugar, los indicadores de rentabilidad a precios privados, y luego a precios sociales. Previamente se debe haber identificado los costos y beneficios asociados al proyecto, los que se indicaron en los acápite anteriores.

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 "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.

4.2 Consideraciones 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. Es decir 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 privada como social, 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: Septiembre 2011, 22.012,69 \$/UF, 515,14 \$/US \$

4.3 Evaluación Económica

Con todo lo anterior, la evaluación económica, a precios privados y sociales, se muestra en la Tabla 4.1 y Tabla 4.2, respectivamente.

El detalle de la evaluación económica se puede ver en el Anexo I, Hoja 12.

Tabla 4.1: “Evaluación Económica a Precios Privados”

| Año | Margen Diferencial (\$) | Inversión (\$) | Operación (\$) | Ambiental (\$) | Costo Neto (\$) | Costo Neto Actualizado (\$) | Benef Neto Actualizado (\$) | Margen Neto Actualizado (\$) |
|-----|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0 | 0 | 545.378.800 | | 35.961.175 | 581.339.975 | 581.339.975 | 0 | -581.339.975 |
| 1 | 0 | 545.378.800 | | 35.961.175 | 581.339.975 | 519.053.549 | 0 | -519.053.549 |
| 2 | -249.530.210 | | 3.096.118 | 5.000.000 | 8.096.118 | 6.454.175 | -198.923.956 | -205.378.131 |
| 3 | -288.479.293 | | 3.096.118 | 5.000.000 | 8.096.118 | 5.762.657 | -205.333.863 | -211.096.519 |
| 4 | -405.793.607 | | 3.096.118 | 5.000.000 | 8.096.118 | 5.145.229 | -257.889.173 | -263.034.402 |
| 5 | -109.649.942 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.756.820 | -62.218.322 | -63.975.142 |
| 6 | 3.555.354 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.568.589 | 1.801.253 | 232.663 |
| 7 | 356.714.777 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.400.526 | 161.359.650 | 159.959.123 |
| 8 | 681.415.299 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.250.470 | 275.212.210 | 273.961.741 |
| 9 | 906.643.069 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.116.491 | 326.944.580 | 325.828.089 |
| 10 | 1.017.601.451 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 996.867 | 327.640.433 | 326.643.566 |
| 11 | 1.067.377.340 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 890.060 | 306.845.479 | 305.955.419 |
| 12 | 1.118.213.678 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 794.696 | 287.017.600 | 286.222.903 |
| 13 | 1.001.483.893 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 709.550 | 229.514.260 | 228.804.710 |
| 14 | 863.130.204 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 633.527 | 176.613.541 | 175.980.014 |
| 15 | 418.732.526 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 565.649 | 76.500.867 | 75.935.218 |
| 16 | 298.341.252 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 505.044 | 48.665.921 | 48.160.877 |
| 17 | -58.684.612 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 450.932 | -8.547.082 | -8.998.014 |
| 18 | 254.025.169 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 402.618 | 33.033.329 | 32.630.711 |
| 19 | 386.716.648 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 359.480 | 44.900.424 | 44.540.943 |
| 20 | 585.897.355 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 320.964 | 60.738.083 | 60.417.119 |
| 21 | 738.127.574 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 286.575 | 68.320.802 | 68.034.226 |
| 22 | 881.210.373 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 255.871 | 72.825.437 | 72.569.566 |
| 23 | 1.004.995.016 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 228.456 | 74.156.528 | 73.928.072 |
| 24 | 952.000.688 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 203.979 | 62.719.808 | 62.515.829 |
| 25 | 814.268.765 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 182.124 | 47.897.981 | 47.715.857 |
| 26 | 609.945.513 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 162.611 | 32.034.832 | 31.872.221 |
| 27 | 751.882.649 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 145.188 | 35.258.469 | 35.113.281 |
| 28 | 634.670.638 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 129.632 | 26.573.195 | 26.443.563 |
| 29 | 495.690.845 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 115.743 | 18.530.547 | 18.414.804 |
| 30 | 146.756.402 | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 103.342 | 4.898.424 | 4.795.082 |
| | | | | | | | VAN | 933.799.865 |
| | | | | | | | VAN/Inv | 0,89 |
| | | | | | | | Tir | 16,2% |

Tabla 4.2: “Evaluación Económica a Precios Sociales”

| Año | Margen Diferencial (\$) | Inversión (\$) | Operación (\$) | Ambiental (\$) | Costo Neto (\$) | Costo Neto Actualizado (\$) | Benef Neto Actualizado (\$) | Margen Neto Actualizado (\$) |
|-----|-------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0 | 0 | 522.645.560 | | 35.961.175 | 558.606.735 | 558.606.735 | 0 | -558.606.735 |
| 1 | 0 | 522.645.560 | | 35.961.175 | 558.606.735 | 526.987.486 | 0 | -526.987.486 |
| 2 | -231.969.415 | | 2.954.035 | 5.000.000 | 7.954.035 | 7.079.063 | -206.451.953 | -213.531.016 |
| 3 | -260.946.900 | | 2.954.035 | 5.000.000 | 7.954.035 | 6.678.361 | -219.096.049 | -225.774.410 |
| 4 | -351.010.436 | | 2.954.035 | 5.000.000 | 7.954.035 | 6.300.341 | -278.033.142 | -284.333.483 |
| 5 | -40.333.810 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 2.207.427 | -30.139.770 | -32.347.196 |
| 6 | 119.197.533 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 2.082.478 | 84.029.557 | 81.947.079 |
| 7 | 514.252.115 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.964.602 | 342.007.027 | 340.042.425 |
| 8 | 872.095.118 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.853.398 | 547.163.266 | 545.309.868 |
| 9 | 1.124.980.325 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.748.489 | 665.874.126 | 664.125.637 |
| 10 | 1.254.796.903 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.649.518 | 700.672.037 | 699.022.519 |
| 11 | 1.317.378.032 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.556.149 | 693.978.313 | 692.422.165 |
| 12 | 1.379.963.169 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.468.065 | 685.799.418 | 684.331.353 |
| 13 | 1.247.831.352 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.384.967 | 585.032.031 | 583.647.064 |
| 14 | 1.085.898.457 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.306.572 | 480.293.935 | 478.987.363 |
| 15 | 581.943.833 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.232.615 | 242.824.829 | 241.592.213 |
| 16 | 430.770.171 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.162.845 | 169.571.077 | 168.408.232 |
| 17 | 31.796.748 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.097.023 | 11.808.181 | 10.711.157 |
| 18 | 367.188.183 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.034.928 | 128.642.100 | 127.607.172 |
| 19 | 536.490.721 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 976.347 | 177.317.163 | 176.340.816 |
| 20 | 767.952.261 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 921.082 | 239.451.145 | 238.530.063 |
| 21 | 938.452.652 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 868.945 | 276.050.918 | 275.181.972 |
| 22 | 1.097.828.134 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 819.760 | 304.652.903 | 303.833.143 |
| 23 | 1.241.763.559 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 773.358 | 325.090.299 | 324.316.941 |
| 24 | 1.186.722.078 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 729.583 | 293.094.896 | 292.365.313 |
| 25 | 1.033.437.797 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 688.286 | 240.789.591 | 240.101.305 |
| 26 | 794.469.010 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 649.326 | 174.632.256 | 173.982.930 |
| 27 | 948.150.818 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 612.572 | 196.616.093 | 196.003.521 |
| 28 | 828.442.104 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 577.898 | 162.068.247 | 161.490.349 |
| 29 | 667.771.921 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 545.187 | 123.241.808 | 122.696.621 |
| 30 | 270.234.306 | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 514.327 | 47.050.530 | 725.975.431 |
| | | | | | | | VAN | 6.707.392.328 |
| | | | | | | | VAN/Inv | 6,39 |
| | | | | | | | Tir | 20,1% |

A continuación se mostrará la evaluación económica considerando los valores de pre-inversión:

Tabla 4.3: “Evaluación Económica con Pre-Inversión a Precios Privados”

| Año | Margen Diferencial (\$) | Pre-Inversión (\$) | Inversión (\$) | Operación (\$) | Ambiental (\$) | Costo Neto (\$) | Costo Neto Actualizado (\$) | Benef Neto Actualizado (\$) | Margen Neto Actualizado (\$) |
|-----|-------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0 | 0 | 921.748.809 | 545.378.800 | | 35.961.175 | 1.503.088.784 | 1.503.088.784 | 0 | -1.503.088.784 |
| 1 | 0 | | 545.378.800 | | 35.961.175 | 581.339.975 | 519.053.549 | 0 | -519.053.549 |
| 2 | -249.530.210 | | | 3.096.118 | 5.000.000 | 8.096.118 | 6.454.175 | -198.923.956 | -205.378.131 |
| 3 | -288.479.293 | | | 3.096.118 | 5.000.000 | 8.096.118 | 5.762.657 | -205.333.863 | -211.096.519 |
| 4 | -405.793.607 | | | 3.096.118 | 5.000.000 | 8.096.118 | 5.145.229 | -257.889.173 | -263.034.402 |
| 5 | -109.649.942 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.756.820 | -62.218.322 | -63.975.142 |
| 6 | 3.555.354 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.568.589 | 1.801.253 | 232.663 |
| 7 | 356.714.777 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.400.526 | 161.359.650 | 159.959.123 |
| 8 | 681.415.299 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.250.470 | 275.212.210 | 273.961.741 |
| 9 | 906.643.069 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 1.116.491 | 326.944.580 | 325.828.089 |
| 10 | 1.017.601.451 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 996.867 | 327.640.433 | 326.643.566 |
| 11 | 1.067.377.340 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 890.060 | 306.845.479 | 305.955.419 |
| 12 | 1.118.213.678 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 794.696 | 287.017.600 | 286.222.903 |
| 13 | 1.001.483.893 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 709.550 | 229.514.260 | 228.804.710 |
| 14 | 863.130.204 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 633.527 | 176.613.541 | 175.980.014 |
| 15 | 418.732.526 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 565.649 | 76.500.867 | 75.935.218 |
| 16 | 298.341.252 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 505.044 | 48.665.921 | 48.160.877 |
| 17 | -58.684.612 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 450.932 | -8.547.082 | -8.998.014 |
| 18 | 254.025.169 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 402.618 | 33.033.329 | 32.630.711 |
| 19 | 386.716.648 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 359.480 | 44.900.424 | 44.540.943 |
| 20 | 585.897.355 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 320.964 | 60.738.083 | 60.417.119 |
| 21 | 738.127.574 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 286.575 | 68.320.802 | 68.034.226 |
| 22 | 881.210.373 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 255.871 | 72.825.437 | 72.569.566 |
| 23 | 1.004.995.016 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 228.456 | 74.156.528 | 73.928.072 |
| 24 | 952.000.688 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 203.979 | 62.719.808 | 62.515.829 |
| 25 | 814.268.765 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 182.124 | 47.897.981 | 47.715.857 |
| 26 | 609.945.513 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 162.611 | 32.034.832 | 31.872.221 |
| 27 | 751.882.649 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 145.188 | 35.258.469 | 35.113.281 |
| 28 | 634.670.638 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 129.632 | 26.573.195 | 26.443.563 |
| 29 | 495.690.845 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 115.743 | 18.530.547 | 18.414.804 |
| 30 | 146.756.402 | | | 3.096.118 | | 3.096.118 | 103.342 | 4.898.424 | 4.795.082 |
| | | | | | | | | VAN | 12.051.056 |
| | | | | | | | | VAN/Inv | 0,01 |
| | | | | | | | | Tir | 12,0% |

Tabla 4.4: “Evaluación Económica con Pre-Inversión a Precios Sociales”

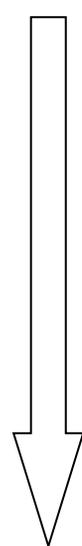
| Año | Margen Diferencial (\$) | Pre-Inversión (\$) | Inversión (\$) | Operación (\$) | Ambiental (\$) | Costo Neto (\$) | Costo Neto Actualizado (\$) | Benef Neto Actualizado (\$) | Margen Neto Actualizado (\$) |
|-----|-------------------------|--------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 0 | 0 | 921.748.809 | 522.645.560 | | 35.961.175 | 1.480.355.544 | 1.480.355.544 | 0 | -1.480.355.544 |
| 1 | 0 | | 522.645.560 | | 35.961.175 | 558.606.735 | 526.987.486 | 0 | -526.987.486 |
| 2 | -231.969.415 | | | 2.954.035 | 5.000.000 | 7.954.035 | 7.079.063 | -206.451.953 | -213.531.016 |
| 3 | -260.946.900 | | | 2.954.035 | 5.000.000 | 7.954.035 | 6.678.361 | -219.096.049 | -225.774.410 |
| 4 | -351.010.436 | | | 2.954.035 | 5.000.000 | 7.954.035 | 6.300.341 | -278.033.142 | -284.333.483 |
| 5 | -40.333.810 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 2.207.427 | -30.139.770 | -32.347.196 |
| 6 | 119.197.533 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 2.082.478 | 84.029.557 | 81.947.079 |
| 7 | 514.252.115 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.964.602 | 342.007.027 | 340.042.425 |
| 8 | 872.095.118 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.853.398 | 547.163.266 | 545.309.868 |
| 9 | 1.124.980.325 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.748.489 | 665.874.126 | 664.125.637 |
| 10 | 1.254.796.903 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.649.518 | 700.672.037 | 699.022.519 |
| 11 | 1.317.378.032 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.556.149 | 693.978.313 | 692.422.165 |
| 12 | 1.379.963.169 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.468.065 | 685.799.418 | 684.331.353 |
| 13 | 1.247.831.352 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.384.967 | 585.032.031 | 583.647.064 |
| 14 | 1.085.898.457 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.306.572 | 480.293.935 | 478.987.363 |
| 15 | 581.943.833 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.232.615 | 242.824.829 | 241.592.213 |
| 16 | 430.770.171 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.162.845 | 169.571.077 | 168.408.232 |
| 17 | 31.796.748 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.097.023 | 11.808.181 | 10.711.157 |
| 18 | 367.188.183 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 1.034.928 | 128.642.100 | 127.607.172 |
| 19 | 536.490.721 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 976.347 | 177.317.163 | 176.340.816 |
| 20 | 767.952.261 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 921.082 | 239.451.145 | 238.530.063 |
| 21 | 938.452.652 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 868.945 | 276.050.918 | 275.181.972 |
| 22 | 1.097.828.134 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 819.760 | 304.652.903 | 303.833.143 |
| 23 | 1.241.763.559 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 773.358 | 325.090.299 | 324.316.941 |
| 24 | 1.186.722.078 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 729.583 | 293.094.896 | 292.365.313 |
| 25 | 1.033.437.797 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 688.286 | 240.789.591 | 240.101.305 |
| 26 | 794.469.010 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 649.326 | 174.632.256 | 173.982.930 |
| 27 | 948.150.818 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 612.572 | 196.616.093 | 196.003.521 |
| 28 | 828.442.104 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 577.898 | 162.068.247 | 161.490.349 |
| 29 | 667.771.921 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 545.187 | 123.241.808 | 122.696.621 |
| 30 | 270.234.306 | | | 2.954.035 | | 2.954.035 | 514.327 | 47.050.530 | 725.975.431 |
| | | | | | | | | VAN | 5.785.643.519 |
| | | | | | | | | VAN/Inv | 2,93 |
| | | | | | | | | Tir | 15,1% |

4.4 Evaluación económica a Precios Privados con la incorporación de una Tarifa de Pago

A la evaluación privada se le realizó un análisis de capacidad de pago a través de una tarifa que se calcula a partir de todos los costos de las obras, como se muestra a continuación:

| | | |
|---------------|------------------------|----------------------|
| | VAC | 2.055.040.199 |
| | CAE | 259.401.541 |
| Tarifa | \$/ha(anual) | 540.420 |
| Tarifa | \$/ha (mensual) | 45.035 |

Posteriormente se construye un flujo de caja de acuerdo al siguiente esquema:



| |
|-------------------------------------|
| Ingresos P*Q (\$)/ha*ha |
| Hectareas Con Proyecto |
| Pre-Inversión (\$) |
| Inversión Obras Civiles (\$) |
| Operación (\$) |
| Ambiental (\$) |
| Costo Total Neto (\$) |
| Depreciación |
| Utilidad Antes de Impuesto |
| Impuesto 17% |
| Utilidad después de Impuesto |
| Depreciación |
| Reinversiones |
| Valor de Recuperación |
| FLUJO DE CAJA |

Finalmente, se determinan los indicadores económicos, de acuerdo al siguiente esquema:

| | |
|----------------------------|----------------------|
| VAN | - 855.585.842 |
| TIR | 7,2% |
| Tarifa Anual por Ha | 540.420 |
| Tasa de descuento | 12% |
| Tarifa VAN = 0 | 940.212 |

4.5 Evaluación Económica Minicentral Hidroeléctrica

Para ver la rentabilidad una minicentral hidroeléctrica, asociada a la obra de riego proyectada, se presenta una evaluación económica anexa que incorpore dicha central.

El valor de inversión de la central se puede estimar en 5.000 \$USD/Kw, en tanto que la inversión de la línea de transmisión se puede estimar en 100.000 \$USD/Km. Esto según datos de los estudios de la CNR en estimación de potencial hidroeléctrico asociado a obras de riego.

Se considera también que el costo de operación anual corresponde a un 0,5% de la inversión total.

El precio de nudo (valor de venta de la energía) en el SIC para Osorno es de 46,29 \$/KWh.

Entonces, dado que la potencia instalable es de 215 Kw y considerando 10 Km de línea de transmisión, se tiene una inversión de \$1.068.915.500 y un costo de operación de \$5.344.578. Además, si se considera una generación anual de 488,5 MWh, se tiene un ingreso por venta de energía de \$22.613.154.

Se utiliza una tasa de descuento social y privada de un 6% y 12%, respectivamente.

Por lo que, agregando estos valores a la evaluación económica (Ver Anexo I), se llega a los siguientes resultados:

Tabla 4.5: Evaluación Económica Incorporando Central Hidroeléctrica

| Indicador | Precios Sociales | Precios Privados |
|-----------|------------------|------------------|
| VAN (\$) | 5.859.665.189 | 697.466.304 |
| IVAN | 2,68 | 0,32 |
| TIR (%) | 14,4% | 11,4% |

4.6 Sensibilización de la Evaluación Económica:

Se realizó una sensibilización de la evaluación económica, revisándose los costos de inversión y los beneficios, tanto a precios privados como a precios sociales. Se observa que para que la inversión deje de ser rentable, los costos de inversión debieran aumentar a un 159% más de los considerados actualmente. En el caso de los beneficios, estos deberían disminuir un 79,5% para que la inversión deje de ser rentable.

Los detalles del análisis de sensibilidad se muestran en el Anexo I (Evaluación Económica).

5 CONCLUSIÓN

- La zona beneficiada por el embalse Pucopío, en la comuna de San Juan de la Costa, actualmente se encuentra en una condición de secano, por lo que la construcción de un embalse significa lograr cambios trascendentales en la productividad de la zona.
- A nivel de perfil se estima viable la construcción de un embalse de 600.000 m³ de capacidad, lo que permitiría regar, con un 85% de seguridad, una superficie aproximada de 480 ha.
- La evaluación económica entrega valores rentables a precios sociales, no así a valores privados. Al incorporar los valores de pre-inversión el proyecto sigue siendo rentable a precios sociales, mientras que no es rentable a precios privados. Lo valores se presentan en la siguiente tabla:

| Indicador | Evaluación Económica con Pre-Inversión incorporada | |
|-----------|--|------------------|
| | Precios Sociales | Precios Privados |
| VAN (\$) | 5.785.423.957 | - 855.585.842 |
| TIR (%) | 15,1 | 7,2 |
| IVAN | 2,93 | 0,42 |

- Al incorporar la central hidroeléctrica, asociada a la obra de riego, la evaluación económica tampoco es rentable a precios privados y disminuye su rentabilidad a precios sociales. Lo valores se presentan en la siguiente tabla:
- Se debe analizar los beneficios por el uso multipropósito del embalse: hidrogeneración, agua potable rural, turismo, entre otros.
- Se recomienda continuar con un estudio de prefactibilidad