

DIRECCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS - MOP

“ESTUDIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE EMBALSES PEQUEÑOS, REGIÓN DEL BIO BÍO”

N° 4562-0000-GA-INF-008_0

RESUMEN EJECUTIVO

REV.		Ejecutor	Revisor	Aprobador	DESCRIPCIÓN
A	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Coordinación Interna
	Fecha	20.09.16	22.09.16	22.09.16	
B	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	22.09.16	22.09.16	22.09.16	
C	Nombre Firma	V. Fierro / E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.11.16	02.11.16	02.11.16	
D	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	06.12.16	06.12.16	06.12.16	
E	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	17.01.17	17.01.17	17.01.17	
F	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	27.02.17	27.02.17	27.02.17	
G	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	13.04.17	13.04.17	13.04.17	
H	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Revisión y Aprobación Cliente
	Fecha	02.06.17	02.06.17	02.06.17	
0	Nombre Firma	E. Ballester	D. González	D. González	Aprobado Cliente
	Fecha	11.07.17	11.07.17	01.12.17	

“ESTUDIOS TÉCNICOS, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS DE EMBALSES PEQUEÑOS, REGIÓN DEL BIO BÍO”

RESUMEN EJECUTIVO

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
1.1	ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO	4
1.2	OBJETIVO Y ALCANCE DE LA CONSULTORÍA	4
2	REVISIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE ANTECEDENTES	6
2.1	ANTECEDENTES ESPECÍFICOS POR ÁREA TEMÁTICA.....	6
2.1.1	Marco Geológico Regional.....	6
2.1.2	Caracterización Disponibilidad de Recursos Hídricos	6
2.1.3	Caracterización Hidrogeológica Regional	7
2.2	ESTUDIOS ANTERIORES	8
2.2.1	Estudios Específicos de Embalses	8
2.2.2	Estudios Medio Ambientales	9
2.2.3	Estudios Agronómicos	10
3	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA PRELIMINAR DE SITIOS DE EMPLAZAMIENTO .	13
4	ESTUDIOS BÁSICOS.....	14
4.1	ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS	14
4.2	CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA.....	15
4.3	INTERFERENCIAS TERRITORIALES	16
4.4	CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA.....	17
5	DISEÑOS PRELIMINARES	17
6	SELECCIÓN DE PROYECTOS	19
6.1	CRITERIO ECONÓMICO	19
6.2	CRITERIO ESTRATÉGICO	20
6.3	CRITERIOS DE COMPLEJIDAD TÉCNICAS DE LAS OBRAS	20
6.4	CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN DEL MEDIO HUMANO.....	23
6.5	CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL	23
6.6	RESULTADOS DE LA MATRIZ MULTICRITERIO	25
7	DEFINICIÓN DE SITIOS A ESTUDIAR	26
8	ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS.....	27
9	ESTUDIO LEGAL DERECHOS DE AGUA.....	28
10	ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO	30
11	ESTUDIO HIDROLÓGICO	31
12	TOPOGRAFÍA	32

13	DISEÑO DE OBRAS.....	32
13.1	EMBALSE RÁNQUIL.....	32
13.2	EMBALSE MIRRIHUE	34
14	REDES DE DISTRIBUCIÓN	36
15	INVERSIÓN DE LAS OBRAS.....	36
16	PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN	39
17	FLUJOS AGRONÓMICOS	40
18	EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS PROYECTOS.....	41
18.1	NORMAS DE EVALUACIÓN	41
18.2	RESULTADOS EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA	42
19	ESTUDIOS MEDIO AMBIENTALES.....	42
20	SITUACIÓN DEL PROYECTO RÁNQUIL Y ACCIONES FUTURAS.....	43

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL ESTUDIO

La Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas (DOH) dio inicio el año 2015 al programa de regadío denominado Plan de Pequeños Embalses, cuyo foco fundamental es beneficiar agricultores pertenecientes a sectores acotados y localizados principalmente en zonas vulnerables. Se orienta fundamentalmente a concurrir con obras dirigidas a apoyar y proteger a sectores agrícolas socioeconómicamente vulnerables y desde el punto de vista de la necesidad del país, proteger a este pequeño agricultor, evitando la migración y reducción de esta actividad cuya producción es esencial para el consumo básico nacional.

Conforme a las directrices establecidas por la DOH para el presente Contrato, se analizarán embalses emplazados en la región del Bío Bío, en cuencas menores que permitan almacenar volúmenes de entre 50.000 m³ a 700.000 m³ y que, además, presenten muros de presa con alturas inferiores a 20 m, con el fin de acotar los tiempos de construcción de las obras.

Es materia del presente estudio identificar aquellas soluciones que presenten las mejores condiciones y opciones para que, en el marco del Plan de Pequeños Embalses, sea posible el desarrollo de un conjunto de soluciones de embalses que permitan su pronta licitación de construcción por la DOH. La elección de cada sitio consideró un análisis de tipo multicriterio en donde se incluyan aspectos asociados a la factibilidad técnica, legal, ambiental, comunitaria, económica y en general cualquier otro aspecto que dé cuenta de las facilidades o dificultades que cada uno de ellos presenta. En este contexto, se buscó desarrollar la ingeniería de aquellos embalses que presenten ventajas o facilidades comparativas en cuanto a los plazos de ejecución de las obras, métodos constructivos y mínimo costo, como también a las menores afectaciones ambientales negativas y complejidades legales, administrativas y/o sociales, que pudieran prolongar los períodos de desafectación de terrenos para la construcción de las obras.

1.2 OBJETIVO Y ALCANCE DE LA CONSULTORÍA

El objetivo fundamental y final de la consultoría es elaborar los proyectos de, al menos, dos embalses pequeños y su red de distribución de aguas, en la Región del Biobío, cumpliendo a cabalidad con los requerimientos técnicos, ambientales, legales y sociales propios de este tipo de proyectos. Para escoger los sitios de emplazamiento de los embalses que son llevados a ingeniería avanzada, se priorizaron los sitios identificados para la zona, que resultaron de la aplicación de una metodología de análisis comparativo multicriterio.

Como punto de partida para identificación y selección de sitios, la DOH entregó un listado preliminar constituido por 25 posibles emplazamientos, considerando antecedentes disponibles de estudios anteriores e información proporcionada por instituciones de la región. En la Tabla 1-1 se entrega el listado de ellos con algunos datos que facilitan su ubicación.

Tabla 1-1 Listado de Sitios Posibles para el Emplazamiento de Pequeños Embalses

N° Orden	Nombre	Provincia	Comuna	Huso 19		Huso 18	
				Este (m)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)
1	El Taimo	Ñuble	Quirihue			714.816	5.988.633
2	Kaiser	Ñuble	Coihueco	251.087	5.933.312		
3	Las Puentes	Arauco	Arauco			638.957	5.863.205
4	Puyamavida	Ñuble	San Nicolas			744.224	5.974.234
5	Quilmo	Ñuble	Chillan			755.600	5.937.200
6	Ránquil	Ñuble	Ránquil			716.901	5.940.060
7	Tranaquepe	Concepción	Hualqui			686.133	5.888.829
8	Laguna El Pillo	Biobío	Laja			705.966	5.872.156
9	San Ramón	Biobío /Concepción	Nacimiento			686.394	5.862.967
10	Pichi Bureo	Biobío	Mulchén	237.823	5.812.633		
11	Lircay	Biobío	Quilleco	242.339	5.812.101		
12	Coihueco - Quilaco	Biobío	Quilaco	250.845	5.810.214		
13	Loncopangue	Biobío	Quilaco	256.725	5.808.945		
14	Rumena	Arauco	Arauco			622.546	5.883.061
15	Las Rosas - Quiapo	Arauco	Arauco, Lebu, Curanilahue			630.755	5.855.737
16	Huingán	Biobío	Antuco	264.438	5.861.829		
17	Mirihue	Biobío	Antuco	258.773	5.862.788		
18	Pedregal	Ñuble	Trehuaco			714.145	5.963.507
19	Llahuén	Ñuble	Portezuelo			726.532	5.949.786
20	Quidico 1	Arauco	Arauco			626.048	5.869.756
21	Quidico 2	Arauco	Arauco			622.649	5.865.968
22	Perales	Ñuble	Coelemu			692.083	5.965.750
23	Vegas de Itata	Ñuble	Coelemu			693.080	5.968.010
24	Tauco	Ñuble	Coelemu			718.752	5.967.043
25	Leoneras	Ñuble	Coelemu			708.269	5.949.711

Fuente: Elaboración Propia

2 REVISIÓN Y ANÁLISIS CRÍTICO DE ANTECEDENTES

2.1 ANTECEDENTES ESPECÍFICOS POR ÁREA TEMÁTICA

2.1.1 Marco Geológico Regional

El sector de estudio abarca todo el ancho del territorio chileno a la latitud de la Región del Biobío, incluyendo todas las unidades geomorfológicas mayores que constituyen el edificio andino a esa latitud. Estas unidades son, de Oeste a Este, las siguientes:

- Planicies Litorales
- Cordillera de La Costa
- La Depresión Central
- La Cordillera Principal o de Los Andes

2.1.2 Caracterización Disponibilidad de Recursos Hídricos

a. Derechos de Agua

Con fecha 20 de julio de 2015 se descargó desde el sitio web de la DGA la planilla de derechos de aprovechamiento otorgados del catastro Público de Aguas correspondientes a la Región del Biobío.

La Tabla 2-1 muestra un resumen de los derechos, diferenciando por naturaleza y ejercicio. Existen 6.558 derechos superficiales, de los cuales 1.292 son de ejercicio eventual. En cuanto al monto de caudal otorgado, en naturaleza subterránea asciende a 35.997 L/s.

Tabla 2-1 Derechos de aprovechamiento de agua Región del Bío Bío

Naturaleza del agua	N° Derechos Permanentes	N° Derechos Eventuales	N° Derechos Región
Subterránea	5.553	1	5.554
Superficial	5.266	1.292	6.558

Fuente: Elaboración Propia

Para los derechos de naturaleza superficial, los montos de caudal se muestran en la Tabla 2-2, diferenciando el tipo de derecho y la unidad del caudal (acciones o L/s). Se observa que el 95% del total del caudal otorgado (en unidad de L/s) corresponde a derechos de tipo no consuntivo.

Tabla 2-2 Derechos superficiales de agua Región Bío Bío

Caudal Otorgado	Tipo de derecho Superficial	
	Consuntivo	No Consuntivo
L/s	474.735	9.770.807
Acciones	16.582	0

Fuente: Elaboración Propia

Del total de derechos otorgados en la región según registros de la DGA, hay 8.949 con sus puntos de captación georreferenciados dentro de los límites regionales, de los cuales 4.763 son de naturaleza superficial y 4.186 de naturaleza subterránea, representando un 99% del total de derechos con coordenadas contenido en la base de datos. Lo anterior implica que un 74% del total de derechos se encuentra con sus puntos de captación georreferenciados.

2.1.3 Caracterización Hidrogeológica Regional

a. Unidades Hidrogeológicas

En base a la información geológica descrita en la zona del estudio por Aquaterra el año 2011, “ESTUDIO HIDROGEOLOGICO CUENCAS BÍO BÍO E ITATA”, se realizó una clasificación de acuerdo a sus propiedades hidrogeológicas, con el fin de caracterizar regionalmente el contexto hidrogeológico en el que se encuentran los sitios propuestos para embalses. Se definieron 6 Unidades Hidrogeológicas (UHG) las que se describen a continuación:

- UH1 Depósitos No Consolidados Cuaternarios
- UH2 Depósitos Glaciofluviales y Aluviales
- UH3 Secuencias Volcanosedimentarias
- UH4 Rocas Volcánicas
- UH5 Depósitos Consolidados
- UH6 Basamento Hidrogeológico, subdividido en Basamento metamórfico paleozoico y Rocas Intrusivas.

La UH1 está compuesta principalmente por depósitos no consolidados fluvio aluviales, coluviales y terrazas marinas del cuaternario. Están constituidos por gravas, ripios, arenas y sedimentos finos. Se ubican principalmente en torno a la red de drenaje, en laderas de cerros y en la costa. Se ha estimado que esta unidad tiene permeabilidades del orden de 10^{-1} a 10 m/día. (Aquaterra, 2011). En esta unidad se encuentran Puyamávida y Laguna el Pillo.

La UH2 corresponde a depósitos glaciofluviales, morrénicos, lacustres y aluviales no consolidados a semiconsolidados, de edad pleistocena-holocena. Están dispuestos en el valle central, al oeste de la cordillera principal. En esta unidad se encuentran Quilmo, Kaiser, Mirihue, Pichi Bureo, Lircay, Coihueco y Loncopangue.

La UH3 corresponde a secuencias volcanosedimentarias, depósitos asociados al colapso de edificios volcánicos y depósitos piroclásticos de edad pliocena – cuaternaria. Están dispuestos en el valle central, al centro de la zona de estudio. No existen sitios propuestos para pequeños embalses en esta unidad hidrogeológica.

La UH4 por su parte, está compuesta por las secuencias que forman los conos volcánicos de la cordillera principal de edad pliocena – cuaternaria. No existen sitios propuestos para pequeños embalses en esta unidad hidrogeológica.

La UH5 está compuesta por depósitos consolidados de origen continental y marino (lutitas, areniscas, conglomerados, brechas y lavas y rocas piroclásticas) Las edades de estas rocas van

desde el triásico al cuaternario. Aquí se encuentran Rumena, Quidico 1 y 2, Las Puentes, Las Rosas, Tranaquepe y Huingan.

La UH6 corresponde al basamento, el cual se subdividió en Basamento metamórfico paleozoico, el cual aflora en el flanco occidental de la cordillera de la costa, y en Rocas intrusivas, estas se encuentran agrupadas principalmente en el flanco oriental de la cordillera de la costa y en el sector precordillerano. Desde el punto de vista hidrogeológico se considera que estas rocas son esencialmente impermeables (sin tomar en cuenta la permeabilidad secundaria asociada a fracturamiento que puedan presentar localmente). Perales y Vegas de Itata se encuentran sobre UH6 – Basamento metamórfico paleozoico, El Taimo por su parte se encuentra en el límite de esta unidad con el UH6 – Rocas intrusivas. Tauco, Pedregal, Portezuelo, Leoneras, Ránquil y San Ramón se encuentran en UH6 – Rocas intrusivas. Cabe destacar que San Ramón está ubicado en una zona donde se han reconocido numerosas fallas geológicas (Aquaterra, 2011).

b. Acuífero y Niveles de agua subterránea

De acuerdo a la geología de superficie del estudio realizado por Aquaterra el año 2011 para la DGA, “ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO CUENCAS BÍO BÍO E ITATA” se definieron en la región dos acuíferos principales, división hecha principalmente en base a las cuencas hidrológicas de Itata y Biobío. Para efectos del presente informe y para simplificar el uso de la información, se trabaja con un acuífero regional que integra ambas cuencas hidrológicas debido a que no existe ninguna barrera hidrogeológica reconocible entre ambos acuíferos.

Desde el punto de vista hidrogeológico los lugares más favorables para construir un embalse pequeño son los emplazados sobre la UH6 Basamento, que coincide con la unidad morfoestructural cordillera de la costa.

2.2 ESTUDIOS ANTERIORES

2.2.1 Estudios Específicos de Embalses

Se efectuó una recopilación de aquellos antecedentes disponibles, que tienen relación con la construcción de obras de embalses en la Región del Biobío. Se incluyen estudios a distintos niveles de ingeniería con estudios básicos como hidrológicos, sedimentológicos, geológicos, geotécnicos, etc., o bien, que presenten información sobre dimensionamiento de obras y sistemas de riego.

A continuación se muestra un resumen de los antecedentes analizados y sus características principales.

- Consultoría DEP-005 Análisis Regulación del río Tranaquepe. 1992. BF Ingenieros Civiles
- Estudio Integral de Riego Proyecto Itata. 1994. Ingendesa Edic

- Construcción Sistema de Riego Quilmo. 1998 Dirección de Obras Hidráulicas
- Construcción Sistema de Riego Valle Las Puentes-Raquil. 2000. ISC Ingeniería y Servicios
- Construcción Sistema de Riego Quidico-Quidico Chico. 2000. ISC Ingeniería y Servicios
- Sistema de Riego Ránquil. 2001. Dirección de Obras Hidráulicas
- Evaluación a Nivel de Perfil del Sistema de Riego Kaiser-Miraflores. 2002. Universidad de Concepción
- Estudio de Factibilidad Construcción Regadío Lonquén. 2006. SMI Ltda.
- Consultoría "Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al año 2018, Zona Sur Regiones de O'Higgins a Magallanes". 2009. Procivil Ing. Ltda.
- Consultoría "Catastro de Iniciativas de Embalses y Canales". 2011. Aquaterra Ingenieros Limitada
- Estudio de Diseño Construcción Regadío Lonquén. 2012. SMI Ltda.
- Estudio de Prefactibilidad "Mejoramiento Riego Valle del Río Cato, Embalse Niblinto, Provincia de Ñuble". 2012. Arcadis Chile
- Construcción Embalses Estacionales del Secano, Provincia de Ñuble. 2015. Wats-Montegrande e Intercontrol Levante

2.2.2 Estudios Medio Ambientales

A continuación se incluye un resumen de la bibliografía consultada para los estudios de la zona, tomando en consideración los antecedentes ambientales que pudiesen ser un aporte para el desarrollo de la presente consultoría.

- a. *Proyecto Itata Estudio Hidrológico y Situación Actual Agropecuaria Volumen 1 (1992)*
- b. *Estudio Integral de Riego Proyecto Itata (1994)*
- c. *Estudio Canal Bío Bío Sur (1999)*
- d. *Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de calidad Cuenca Río Itata (2004)*
- e. *Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de calidad Cuenca. Cuenca del río Bío Bío (2004)*
- f. *Evaluación de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Bío Bío (2004)*
- g. *Estudio de Factibilidad Construcción Regadío Lonquén – VIII Región (2006)*
- h. *Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al año 2018 Zona Sur – regiones de O'Higgins a Magallanes (2009)*
- i. *Catastro de Iniciativas de Embalse y Canales (2011)*
- j. *Estudio Hidrogeológico Cuencas Biobío e Itata (2011)*
- k. *Estudio hidrogeológico Cuenca Bío Bío (2012)*
- l. *Estudio Niblinto (2013)*
- m. *Modelación Hidrogeológica Cuenca Itata Bajo (2013)*
- n. *Prefactibilidad Embalses Secano Provincia de Ñuble (2015)*

2.2.3 Estudios Agronómicos

Se efectuó una recopilación de aquellos antecedentes disponibles, que tienen relación con la existencia y potencialidad de los recursos de las diferentes áreas de proyecto, características de la actividad agropecuaria actual y perspectivas de desarrollo a futuro, entre otras. La

Tabla 2-3 muestra un resumen de los antecedentes analizados.

La recopilación de antecedentes se logró a través de la revisión de información bibliográfica y efectuando consultas a personas vinculadas con la temática de la propuesta. Entre éstas cabe mencionar a instituciones públicas y privadas de la zona, tales como Municipalidades, INDAP, INIA y la Universidad de Concepción, entre otros.

La información bibliográfica se obtuvo de la revisión de publicaciones de las siguientes instituciones: Dirección de Obras Hidráulicas, Comisión Nacional de Riego (CNR), Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Dirección General de Aguas (DGA), Ciren-Corfo, ODEPA, SAG, INDAP, Ministerio de Agricultura, Universidad de Concepción y el Banco Central de Chile, entre otros.

Una vez recopilada la información existente respecto del área de estudio, ésta fue analizada en forma crítica, con el objeto de poder calificar el uso que se le dará durante el desarrollo del mismo y determinar con precisión aquellos antecedentes que se requiere actualizar, complementar y en ciertos casos generar. Esto último, se llevará a cabo cuando la calidad de la información existente no sea adecuada a la finalidad del proyecto o simplemente sea inexistente.

Tabla 2-3 Resumen estudios agronómicos

Estudio	Año	Autor	Sitios estudiados
Levantamiento Aerofotogramétrico	1986	Firma Degavardo	Itata
Estudio de Suelos Proyecto Itata I y II	1987 y 1988	AGROLOG-R&Q Ingeniería Ltda	Itata
Consultoría DEP-001 Análisis Riego Zonas Costeras VI, VII, VIII y IX Regiones	1992	CEDEC	VI, VII, VIII y IX región
Consultoría DEP-005 Análisis Regulación del río Tranaquepe	1992	BF Ingenieros Civiles	Tranaquepe
Estudio Integral de Riego Proyecto Itata	1994	Ingendesa Edic	Kaiser, Quilmo, Puyamávida y Ránquil
Consultoría OME-60 Mejoramiento Canal Laja - Los Ángeles	1995	Hydroconsult Ltda.	Laja - Los Ángeles
Estudio de Factibilidad y Diseño del mejoramiento del Canal Bío Bío Sur	1997 y 1998	Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.	Canal Biobío Sur
Construcción Sistema de Riego Valle Las Puentes-Raqui	2000	ISC Ingeniería y Servicios	Las Puentes
Evaluación a Nivel de Perfil del Sistema de Riego Kaiser-Miraflores	2002	Universidad de Concepción	Kaiser y Miraflores
Diagnóstico Actual del Riego y Drenaje en Chile y su Proyección	2001 y 2003	Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.	--
Estudio Hidrogeológico del Secano Interior y Costero Regiones VI, VII y VIII	2002	C.G.F. Consultores	VI, VII y VIII región
Censo Nacional de Población INE	1970, 1982, 1992 y 2002	Instituto Nacional de Estadística	Nacional

Estudio	Año	Autor	Sitios estudiados
Diagnóstico de Recurso Hídricos en Secano Interior y Costero VI a VIII región	2003	Ayala, Cabrera y Asociados Ltda.	VI, VII y VIII región
VI y VII Censo Nacional Agropecuario	1997 y 2007	Instituto Nacional de Estadística	Nacional
Actualización Diseño de Obras Canal Duquenco Cuel	2007	AC Ingenieros	Duquenco Cuel
Actualización Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos Zona II Sur	2007	AC Ingenieros	V sur a XII región
Consultoría "Catastro de Obras de Riego y Elaboración del Plan de Inversiones al año 2018, Zona Sur Regiones de O'Higgins a Magallanes"	2009	Procivil Ing. Ltda.	Kaiser, Quilmo, Taimo, Ránquil y Tranaquepe
Evaluación Agroeconómica del Sector de Influencia de Riego del Embalse Punilla	2009	MdeA Consultores Ltda.	Punilla
Diagnóstico y Caracterización de los Problemas de Drenaje en Chile	2009	C.G.F. Consultores	--
Estudios de Regadío Lonquén	2006 y 2012	SMI Ltda.	Lonquén
Estudio de Prefactibilidad "Mejoramiento Riego Valle del Río Cato, Embalse Niblinto, Provincia de Ñuble"	2012	Arcadis Chile	Niblinto
Prefactibilidad Proyecto Construcción Embalse de Riego en Río Chillán	2013	SMI Ltda.	Río Chillán
Centro Información de Recursos Naturales	--	CIREN - CORFO	--

Fuente: Elaboración Propia

3 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA PRELIMINAR DE SITIOS DE EMPLAZAMIENTO

En el contexto geológico y geomorfológico previamente descrito, los sitios preseleccionados para los embalses de riego se ubican en diferentes ambientes geomorfológicos, distinguiéndose 5 grupos con características geológicas y geomorfológicas similares:

a.- Sitios de embalses localizados en las Planicies Litorales de la península de Arauco.

Corresponden a 5 sitios: Rumena, Quidico 1 y Quidico 2, Las Puentes y Las Rosas.

- Rumena y Quidico 1 se emplazan en rocas de la Formación Trihuco consistentes en areniscas y limolitas con intercalaciones de niveles carbonosos del Eoceno.
- Quidico 2 se ubica sobre areniscas y lutitas marinas las que pertenecen a la Formación Millongue.
- Las Puentes y Las Rosas se ubican en rocas del tipo areniscas, arcillolitas y limolitas de la Formación Ránquil del Mioceno.

b.- Sitios de embalses localizados en la Cordillera de la Costa.

En la Cordillera de la Costa se localizan 12 sitios de embalses: Tauco, Pedregal, Portezuelo, Leoneras, Ránquil, Laguna El Pillo, San Ramón, El Talmo, Perales, Vegas del Itata, Puyamávida y Tranaquepe.

- Tauco, Pedregal, Portezuelo, Leoneras, Ránquil, Laguna El Pillo y San Ramón: todos ellos ubicados en la mitad oriental de la Cordillera de la Costa, se emplazan en rocas intrusivas paleozoicas consistentes en granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas de hornblenda y biotita, localmente de muscovita.
- El Talmo al norte del río Itata, y Perales y Vegas del Itata, al sur de la desembocadura del río Itata, cercanos a la costa: todos ellos se sitúan sobre rocas metamórficas de las Series Occidental del Basamento Metamórfico,
- Puyamávida y Tranaquepe: se localizan sobre rocas del Triásico continental-parálco (estratos de Pocillas-Coronel del Maule-Quirihue) al norte del río Itata, y en rocas del Triásico marino (Formación Santa Juana) en la cuenca del Biobío inferior, respectivamente.

c.- Sitios de embalses localizados en la Depresión Central.

En la Depresión Central se localizan 7 sitios de embalses: Quilmo, Kaiser, Mirihue, Pichi Bureo, Lircay, Coihueco y Loncopangue; los dos primeros se localizan en la cuenca del río Itata, y los restantes en la cuenca del Biobío.

- Quilmo, en las cercanías de Chillán hacia el sur, se emplaza sobre areniscas y limolitas de la Formación Mininco del Plioceno.

- Kaiser se localiza hacia el este-sureste de Chillán en las cercanías de la localidad de Pinto, situado en depósitos morrénicos y glaciolacustres de la Formación la Montaña del Pleistoceno-Holoceno.
- Mirihue se emplaza en depósitos de la Formación La montaña en la vertiente sur del río Laja, al este de Antuco.
- Pichi Bureo, Lircay, Coihueco y Loncopangue se localizan al sur del río Biobío, alineados paralelamente al curso de este río, y emplazados en depósitos de la Formación La Montaña, al ESE de Mulchén.

d. Sitios de embalses situados en la Cordillera Principal o de Los Andes.

El único sitio correspondiente a esta unidad es el sitio Huingan, ubicado al sureste de Antuco emplazado en rocas volcánicas de la Formación Cura-Mallín (Abanico), en el borde occidental de la Cordillera Principal o de Los Andes.

4 ESTUDIOS BÁSICOS

4.1 ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Se identificaron las características geológicas y geotécnicas en los sitios preseleccionados, incluyendo una descripción de las unidades de suelos y rocas presentes, ámbitos geológicos y geomorfológicos y riesgos geológicos identificables en los sitios de emplazamiento.

Los trabajos realizados en el ámbito geológico y geotécnico se resumen a continuación:

- Visita a terreno de los sitios propuestos para los embalses.
- Caracterización geológica y geotécnica.
- Evaluación de las ventajas y desventajas de cada uno de los sitios analizados desde el punto de vista geológico-geotécnico.

Las alternativas preseleccionadas se ubican en diferentes ámbitos con características geológicas y geomorfológicas comunes en algunos casos, esto permite agruparlas de acuerdo a dichas características con el objeto de facilitar su estudio y así aportar en la priorización de cada sitio, objetivo principal del presente documento.

Los sitios de los embalses ubicados en la península de Arauco (Rumena, Quidico 1, Quidico 2 y Las Puentes), se encuentran localizados en areniscas limosas altamente meteorizadas. La mala calidad de la roca queda reflejada en los fenómenos de remoción en masa presentes en los caminos de acceso a los sitios de los embalses. Por su parte, los suelos residuales originados por la meteorización de estas rocas presentan también una baja calidad geotécnica, lo cual supone una dificultad para la construcción del muro, específicamente con respecto a la fundación de los estribos de éste. Dada su baja a media compacidad y la potencia de los estratos encontrados (en general mayor a 20 m), resultarían fácilmente excavables mediante maquinaria,

estimándose una permeabilidad media a alta, de modo que se haría necesaria la impermeabilización del vaso de inundación para las alternativas ubicadas en este sector.

El sitio del embalse Tranaquepe se localiza en rocas triásicas sedimentarias medianamente meteorizadas, sobre las cuales se identificaron suelos arenosos limo arcillosos, los que se estima tienen permeabilidades medias a altas. Sin embargo, la potencia de estos suelos se estima baja. Este sitio coincide con una de las localidades fosilíferas del Triásico de Santa Juana o del valle inferior del río Biobío, lo que haría necesario llevar a cabo estudios paleontológicos para desafectar el sector de resultar seleccionado.

En el sitio del embalse de la Laguna el Pillo, se detectaron suelos residuales originados por la meteorización de la roca granítica existente en la zona, del tipo gravas arenosas con matriz limo arcillosa. La acumulación de agua presente en la laguna permite deducir que la permeabilidad del fondo de ésta es baja a media. No se observaron condiciones geológicas ni geomorfológicas capaces de generar riesgos geológicos.

En los sitios de los embalses Kaiser, Mirrihue y Pichi Bureo se detectaron depósitos aluvionales y/o conos de deyección y depósitos cineríticos de avalancha volcánica que, en general, presentan compacidad media a baja, de modo que su permeabilidad se estima también en el rango medio a alto, estimándose que se requeriría presumiblemente impermeabilización para los sectores de los tres muros.

Los sitios de los embalses Leoneras y Ránquil se emplazan en rocas graníticas, con importantes espesores de suelos residuales. Aun cuando se detectaron afloramientos de roca, será necesario realizar prospecciones para evaluar caso a caso la factibilidad de fundar el muro en roca sana.

El caso particular del sitio del embalse Tauco, presenta la complicación de la gran cantidad de sedimentos que transporta el río Lonquén, que producen bancos de arena de aproximadamente 5 m de altura, lo cual podría generar colmatación del embalse proyectado. Esto le hace sin duda un sitio poco atractivo.

Los sitios de embalses Perales y Vegas de Itata se localizan en rocas metamórficas y en suelos residuales originados por la meteorización de estas mismas rocas. La potencia de los estratos de suelos o rocas altamente meteorizadas es baja (menor a 10 m), de modo que se ve factible la fundación de los estribos del muro sobre suelo de buena calidad o roca sana. La permeabilidad de los estratos de suelo se estima baja dado su alto contenido de finos. Estos materiales son fácilmente excavables con maquinaria.

4.2 CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA

La caracterización hidrológica permite disponer de antecedentes asociados a la evaluación de la disponibilidad hídrica en las cuencas afluentes a los pequeños embalses, lo que incluyó el análisis a nivel anual y mensual de las estadísticas de precipitación y escurrimientos. Se analizó, además, a nivel regional la información de precipitaciones mensuales y anuales en la región del Biobío, obteniéndose los estadígrafos principales de los registros y las curvas de isocomportamiento pluviométrico (isoyetas), en base al año hidrológico correspondiente a esa zona (abril a marzo).

La estimación de disponibilidad hídrica en los embalses pequeños se realizó aplicando transposición de caudales por el área aportante. A modo de resumen en la Tabla 4-1 se presenta el caudal y volumen medio mensual disponible en cada embalse a nivel promedio anual.

Tabla 4-1: Resumen de disponibilidad hídrica por embalse

Nombre	Caudal medio (m ³ /s)	Volumen medio mensual (m ³)
Tauco	28,53	73.952.668
Pichi Bureo	5,13	13.285.541
Kaiser	1,37	3.547.596
Las Puentes	0,73	1.900.741
Quidico 2	0,71	1.848.709
Perales	0,29	739.845
Ránquil	0,28	734.299
Quidico 1	0,32	830.934
Rumena	0,13	328.747
Vegas de Itata	0,07	185.517
Laguna El Pillo	0,05	141.072
Leonerías	0,05	135.245
Mirrihue	0,17	449.345
Tranaquepe	0,03	69.180

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, para caracterizar la zona respecto de la escasez hídrica, se descargó desde la página web de la DGA, información de decretos de escasez hídrica, la cual se encontraba disponible para los años 2008 a 2015.

4.3 INTERFERENCIAS TERRITORIALES

Las principales interferencias de cada alternativa tienen que ver con la inundación de caminos de accesos a localidades vecinas a cada sitio, lo que se considera menor dentro de los trabajos necesarios para la materialización de los proyectos.

Respecto a viviendas, áreas protegidas, bosques nativos, sitios arqueológicos y/o terrenos a expropiar, en ninguna de las alternativas estudiadas se identificaron estos aspectos, ya que la identificación de estas interferencias se realizó en la fase previa, estableciendo un filtro al total de los 25 sitios originales.

De acuerdo a impactos relevantes en tipologías de proyectos de embalses de riego y la experiencia de ARCADIS, se identificaron los principales impactos potenciales de las alternativas de embalses seleccionadas. Estos impactos identificados tienen un carácter preliminar y referencial, ya que han sido definidos en base a juicio de experto e información bibliográfica de gabinete, siendo necesario contar con ingeniería de cada proyecto, método de construcción e información de caracterización de detalle de los componentes relevantes.

4.4 CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA

La potencial cobertura de riego, los beneficiarios y su caracterización fue determinada en terreno a través de entrevistas con las comunidades y reuniones con las autoridades municipales. De esta forma se cuenta con información necesaria para determinar la priorización de cada uno de los sitios en lo que respecta al tema social.

5 DISEÑOS PRELIMINARES

Se desarrolló el prediseño y presupuesto de las 14 alternativas de embalse en la región del Biobío, con base a criterios comunes y foco en realizar un análisis comparativo entre alternativas. Este análisis se desarrolló de manera preliminar, con la finalidad de determinar un orden de magnitud de las crecidas afluentes a cada sitio de embalse, permitiendo desarrollar el predimensionamiento de las obras anexas, las crecidas para periodos de retorno de 10 años y 250 años, con base al Manual de Crecidas sin Información Fluviométrica (DGA, 1995).

Luego, para la estimación de los caudales máximos se empleó la fórmula de Verni & King. Si bien es cierto, dicha fórmula presenta una validez para cuencas cuyas áreas de drenaje se encuentren entre los 20 y 10.000 km² y para períodos de retorno menores a 100 años, se ha considerado, únicamente para efectos de prediseño y comparación, aceptable para el caso de 6 de los 14 sitios cuyas áreas de drenaje son inferiores a 10 km².

Con el fin de que las alternativas en estudio pudiesen ser comparables, se consideró un volumen de almacenamiento común de 500.000 m³ o inferior en aquellos casos en que la altura de muro para dicho volumen superase los 20 m.

Respecto de la disponibilidad del recurso hídrico, se consideró, en forma preliminar, que aquellas cuencas con áreas de drenaje superiores a 5 km² permiten llenar el embalse al menos 1 vez al año, mientras que aquellas con áreas de drenaje inferior al valor antes mencionado requerirían de la alimentación del recurso desde otra cuenca.

El presupuesto de las diferentes alternativas se estimó usando como referencia los precios unitarios de las principales partidas involucradas. Estos precios se obtuvieron de la base de datos de este Consultor los cuales han sido empleados en diferentes proyectos realizados para la DOH.

En la Tabla 5-1, se presentan las principales características técnicas de las alternativas de embalse, obtenidas del prediseño de las obras, además de los costos de construcción estimados.

Tabla 5-1 Características principales alternativa de sitios de embalse

Embalse	Área drenaje (km²)	Área inundación (m²)	Altura Muro (m)	Volumen Embalse (m³)	Volumen Muro (m³)	Costo Total (M\$)	Costo Unitario (1.000 \$/m³ agua)
Kaiser	33,0	174.758	9,0	501,488	40.528	3.573	7,1
Tauco	-	64.400	Tranque	500,000	2.774	7.044	14,1
Vegas de Itata	4,2	75.330	15,0	519,179	80.307	5.963	11,5
Perales	16,6	10.964	20,0	588,218	150.099	8.814	15,0
Leonerías	3,0	29.222	20,0	149,935	111.293	5.563	37,1
Ránquil	16,2	67.589	15,0	521,116	63.708	4.955	9,5
Mirrihue	3,7	27.460	Tranque	250,000	14.980	5.605	22,4
Laguna El Pillo	3,1	101.410	7,0	531,467	16.565	1.337	2,5
Tranaquepe	1,5	44.502	20,0	501,465	195.347	9.668	19,3
Pichibureo	-	64.400	Tranque	500,000	198.727	10.541	21,1
Las Puentes	24,1	149.164	13,0	548,450	49.189	11.041	20,1
Quidico 1	10,5	142.310	7,0	548,126	20.422	3.741	6,8
Quidico 2	23,5	47.531	17,0	449,908	153.095	16.321	36,3
Rumena	4,2	44.802	20,0	409,229	177.651	14.116	34,5

Fuente: Elaboración Propia

6 SELECCIÓN DE PROYECTOS

Para poder jerarquizar las alternativas de embalses se estableció una serie de criterios de diversa índole. De este modo, se busca a partir de criterios multidimensionales lograr una jerarquía de alternativas de embalses que contemple diversos aspectos relevantes. Los métodos de priorización y multicriterio fueron definidos a través de reuniones entre la DOH y este Consultor.

6.1 CRITERIO ECONÓMICO

De acuerdo a lo establecido por DOH y MIDESO, se incorporó la variable económica dentro de la caracterización de los sitios de embalse. Los datos relevados y el resultado del indicador económico se presenta en la Tabla 6-1.

El criterio económico lo componen los siguientes sub-criterios con sus ponderadores correspondientes:

- **Inversión inicial (40%):** corresponde al costo estimado de cada proyecto, comparado con un valor de referencia de 5.000 M\$.
- **Costo unitario del agua embalsada (40%):** corresponde al costo estimado de cada proyecto para almacenar un m³ de agua adicional, comparado con un valor de referencia de 9 USD/m³.
- **Indicador de suelos (20%):** se refiere a la calidad de los suelos donde se cultivará. Esta información ha sido recopilada de los estudios agroeconómicos analizados como parte de la revisión documental disponible.

Tabla 6-1 Criterios Económicos de Priorización

No	Embalse	Volumen Emb. (m ³)	Costo Total (1000x\$)	Costo por m ³ (1000\$/m ³)	40%	40%	20%	Indicador
					Inversión inicial	Costo unitario del agua embalsada 9 US\$/m ³	Indicador de Suelos	
1	Kaiser	501.488	2.977.299	5,9	1	1	1	1,00
2	Las Puentes	548.450	9.200.624	16,8	10	10	1	8,20
3	Ranquil	521.116	4.129.550	7,9	1	10	1	4,60
4	Tranaquepe	501.465	10.473.176	16,1	10	10	1	8,20
5	Laguna El Pillo	531.467	1.447.891	2,1	1	1	1	1,00
6	Pichibureo	500.000	11.419.140	17,6	10	10	1	8,20
7	Rumena	409.229	11.763.265	28,7	10	10	1	8,20
8	Mirihue	250.000	4.670.743	18,7	1	10	10	6,40
9	Quidico 1	548.126	3.117.695	5,7	1	1	1	1,00
10	Quidico 2	449.908	13.600.520	30,2	10	10	1	8,20
11	Perales	588.218	7.344.927	12,5	10	10	1	8,20
12	Vegas de Itata	519.179	4.968.975	9,6	1	10	1	4,60
13	Tauco	500.000	5.869.882	11,7	10	10	10	10,00
14	Leonerías	149.935	4.635.833	30,9	1	10	10	6,40

Fuente: Elaboración propia

6.2 CRITERIO ESTRATÉGICO

El criterio estratégico aborda las distintas dificultades que se presentan en la zona para el desarrollo de la actividad agrícola. De esta manera se ha integrado la capacidad de cada proyecto de generar empleo agrícola en la zona (30%) y el grado de escasez hídrica de esta (70%). El resultado del análisis se presenta en Tabla 6-2.

Tabla 6-2 Criterios Estratégicos de Priorización

N°	Sitio	Provincia	Comuna	Ponderaciones (%)		Suma Ponderada
				70%	30%	
				Grado de Escases Hídrica *	Generación de Empleo Agrícola	
				Existencia de Decreto Escases Hídrica (si = 1 ; no = 10)	Si (1); no (10)	
1	Kaiser	Ñuble	Coihueco, Pinto	1	1	1,0
2	Las Puentes	Arauco	Arauco	1	10	3,7
3	Ránquil	Ñuble	Ranquil	1	1	1,0
4	Tranaquepe	Concepción	Hualqui	1	10	3,7
5	Laguna El Pillo	Biobío	Laja	1	10	3,7
6	Pichi Bureo	Biobío	Mulchén	1	1	1,0
7	Rumena	Arauco	Arauco	1	10	3,7
8	Mirrihue	Biobío	Antuco	1	1	1,0
9	Quidico 1	Arauco	Arauco	1	10	3,7
10	Quidico 2	Arauco	Arauco	1	10	3,7
11	Perales	Ñuble	Coelemu	1	10	3,7
12	Vegas de Itata	Ñuble	Coelemu	1	1	1,0
13	Tauco	Ñuble	Coelemu	1	10	3,7
14	Leonerías	Ñuble	Coelemu	1	1	1,0

Fuente: Elaboración propia

(*) Resolución exenta 128, del 20 de marzo de 2015

6.3 CRITERIOS DE COMPLEJIDAD TÉCNICAS DE LAS OBRAS

A partir de los diseños preliminares de las alternativas de embalse, se identifica el criterio “complejidad técnica de las obras”, el cual permite identificar que tan “fácil” o “difícil” puede resultar una alternativa para su construcción, y por lo tanto es una medida del tiempo requerido para ello. La complejidad técnica de cada alternativa se definió como baja, media o alta, según el valor obtenido de una sumatoria ponderada mediante el análisis de 5 indicadores, los cuales se describen a continuación:

1. **Tipo de obra de almacenamiento (25%):** este indicador analiza el tipo de obra que almacena el volumen requerido, siendo estos de menor a mayor complejidad constructiva:
 - a. Tranque lateral a un cauce (baja complejidad)
 - b. Muro frontal a un cauce con altura menor a 10 m (media complejidad)
 - c. Muro frontal a un cauce con altura mayor a 10 m (alta complejidad).

2. **Tipo de obra de excedencia de crecidas (5%):** este indicador analiza el tipo de obra requerida para el manejo de las crecidas, siendo estos de menor a mayor complejidad constructiva:
 - a. No requerido (baja complejidad),
 - b. Incorporado en la obra de captación mediante una torre de toma (media complejidad)
 - c. Evacuador lateral en canal abierto por uno de los estribos del muro de presa (alta complejidad).
3. **Requerimiento de obra de desvío (20%):** este indicador analiza la necesidad o no de la existencia de obras de desvío durante la construcción, siendo estos de menor a mayor complejidad constructiva:
 - a. No requerida (baja complejidad)
 - b. Requerida (alta complejidad).
4. **Distancia estimativa a empréstitos (15%):** este indicador analiza la distancia requerida para la consecución de los materiales de empréstitos, siendo estos de menor a mayor complejidad:
 - a. Menor a 5,0 km (baja complejidad)
 - b. Entre 5,0 y 15,0 km (media complejidad)
 - c. Mayor a 15,0 km (alta complejidad).
5. **Relación volumen agua/ volumen muro (15%):** este indicador analiza la capacidad de almacenamiento de un determinado sitio.
 - a. Mayor a 10,0 (baja complejidad)
 - b. Menor a 10,0 (alta complejidad).
6. **Tratamiento requerido (20%):** este indicador analiza el tipo de tratamiento geotécnico requerido en cada uno de los sitios de análisis, siendo estos de menor a mayor complejidad:
 - a. Bajo: solo requiere remoción superficial (2,0 m) del terreno para el emplazamiento de las obras (baja complejidad)
 - b. Medio: requiere remoción de más de 2,0 m de suelo y posible requerimiento de reposición de material (media complejidad)
 - c. Alto: requiere medidas de impermeabilización del lecho o estribos, mediante pared moldeada, inyecciones o posible tratamiento de estabilidad de laderas (alta complejidad).

Asignando los valores 1, 5 y 10 para las complejidades baja, media y alta respectivamente, se obtuvo la sumatoria ponderada y por lo tanto la calificación de la complejidad técnica de cada alternativa, la cual se presenta en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3 Complejidad técnica de las diferentes alternativas

Embalse	Tipo obra Almacenamiento		Tipo Evacuador de excedencias		Requerimiento de desvío		Distancia Empréstitos		Tratamiento Geotécnico		Relación Vol Agua/Muro		Calificación Complejidad Técnica	
	Tipo	Calificación	Tipo	Calificación	Tipo	Calificación	Distancia (km)	Calificación	Tipo	Calificación	Valor	Calificación		
Kaiser	Frontal<10	5	Canal	10	Complejo	10	4	1	Alto	10	12.37	1	6.05	10
Tauco	Tranque	1	No requiere	1	No requiere	1	1	1	Bajo	1	180.25	1	1.00	1
Vegas de Itata	Frontal>10	10	Torre	5	Intermedio	10	5	5	Bajo	1	6.46	10	7.20	1
Perales	Frontal>10	10	Canal	10	Complejo	10	5	5	Bajo	1	3.92	10	7.45	1
Leoneras	Frontal>10	10	Canal	10	Intermedio	10	2	1	Bajo	1	1.35	10	6.85	1
Ránquil	Frontal>10	10	Torre	5	Complejo	10	1	1	Bajo	1	8.18	10	6.60	1
Mirihue	Tranque	1	No requiere	1	No requiere	1	1	1	Medio	5	16.69	1	1.80	1
Laguna El Pillo	Frontal<10	5	Torre	5	Intermedio	10	2	1	Bajo	1	32.08	1	4.00	1
Tranaquepe	Frontal>10	10	Canal	10	Intermedio	10	3	1	Medio	5	2.57	10	7.65	1
Pichibureo	Tranque	1	No requiere	1	No requiere	1	1	1	Bajo	1	2.52	10	2.35	1
Las Puentes	Frontal>10	10	Torre	5	Complejo	10	25	10	Alto	10	11.15	1	8.40	10
Quidico 1	Frontal<10	5	Torre	5	Intermedio	10	25	10	Alto	10	26.84	1	7.15	1
Quidico 2	Frontal>10	10	Canal	10	Intermedio	10	25	10	Alto	10	2.92	10	10.00	10
Rumena	Frontal>10	10	Canal	10	Intermedio	10	13	5	Alto	10	2.30	10	9.25	10

Fuente: Elaboración propia

6.4 CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN DEL MEDIO HUMANO

En cuanto a los aspectos sociales, fueron tomados tanto sub-criterios entregados por DOH mediante Resolución CNR N°2860/EXENTA, así como también a partir de nuevos sub-criterios aportados por ARCADIS y DOH en el marco del desarrollo del Estudio.

Respecto a los sub-criterios específicos para jerarquizar el Criterio Social, estos tuvieron diversas ponderaciones que se muestran y justifican en la siguiente Tabla:

Tabla 6-4 Ponderación de Subcriterios

Sub-criterios	Ponderación
i. Tipos de Productores	20%
ii. Destino de la Producción	25%
iii. Cantidad de potencial de Beneficiarios	25%
iv. Porcentaje de Hogares en Situación de Pobreza	5%
v. Presencia de Comunidades Indígenas Posibles de ser Beneficiadas	10%
vi. Arraigo Territorial	5%
vii. Zona Extrema, Fronteriza o Rezagada	10%

Fuente: Elaboración Propia

Cada uno de los sub-criterios tuvo indicadores asociados que fueron clasificados en 3 categorías, o dos dependiendo estos últimos de si se trataba de sub-criterios dicotómicos.

Los criterios con 3 categorías fueron valorados con “1”, “5” y “10”, siendo de valor “1” la categoría más valorada. Por su parte las subcategorías dicotómicas fueron valoradas con “1” y “10”.

A partir de los sub-criterios señalados, y sus respectivas ponderaciones, la jerarquización Social de las alternativas de embalses queda expresada en la Tabla 6-5. En ella, la columna final es la que clasifica las alternativas en función de las categorías posibles de establecer, con cortes matemáticos, a partir de las sumas ponderadas obtenidas de cada alternativa.

6.5 CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL

En lo que sigue se presentan los resultados del análisis de sensibilidad ambiental donde se indica además el valor ambiental de cada alternativa.

Para ello se desarrolló la actualización de las valoraciones de Sensibilidad Ambiental incorporando los resultados y hallazgos de las inspecciones específicas de terreno a las alternativas de embalse, así como las eventuales optimizaciones y modificaciones en las áreas de inundación preliminar de las alternativas de embalses en evaluación.

Tabla 6-5 Resultados Jerarquización de Criterio Social

Sitio	Ponderaciones (%)																Suma Ponderada
	20%			25%			25%		5%		10%		5%		10%		
	Superficie Promedio de Pequeños Agricultores (ha)			Destino de producción			Número Aproximado de Futuros Beneficiarios		Porcentaje de Hogares en Situación de Pobreza Comunal		Comunidades Indígenas Posibles de Beneficiar		Arraigo Territorial		Comuna Extrema, Fronteriza o Rezagada		
Entre 1 y 12	Mas de 12 y menos de 50	Mas de 50	Auto consumo	Auto consumo y ventas	Ventas	Mas de 25	menos de 25	Porcentaje	Clasificación: < 20 % = 10 +20 % = 1	Si	No	Porcentaje de crecimiento	Clasificación: >-15 % = 1 <-15% = 10	Si	No		
Kaiser	1			10		1		32,9	1		10	-4,6	10	1		4,6	
Las Puentes	1		1			1		24,3	1	1		-15,8	1	1		1,0	
Ranquil	1		1			1		15,1	10		10	-12,1	10		10	3,7	
Tranaquepe	1		1			1		30,8	1		10	-33,5	1		10	2,8	
Laguna El Pillo	1		1				10	18,6	10		10	-10,3	10		10	6,0	
Pichi Bureo	1			10		1		23,0	1		10	-30,4	1	1		4,2	
Rumena	1			10		1		24,3	1	1		-15,8	1	1		3,3	
Mirihue	1			10		1		22,2	1		10	-24,0	1		10	5,1	
Quidico 1	1			10		1		24,3	1	1		-15,8	1	1		3,3	
Quidico 2	1		1			1		24,3	1	1		-15,8	1	1		1,0	
Perales		10		10		1		24,8	1		10	-36,9	1		10	6,9	
Vegas de Itata		10		10		1		24,8	1		10	-36,9	1		10	6,9	
Tauco		10		10		1		24,8	1		10	-28,1	1		10	6,9	
Leoneras	1		1			1		24,8	1		10	-36,9	1		10	2,8	

Fuente: Elaboración Propia

Para cada embalse se presentó una síntesis cartográfica de carácter bibliográfico, referida a los componentes ambientales flora y vegetación y usos del territorio; actualizando la información obtenida con base a revisión de información documental, en conformidad con los ajustes y optimizaciones de las áreas de inundación. A continuación se presenta una síntesis del valor ambiental de cada alternativa de embalse.

Tabla 6-6: Valor ambiental alternativas de embalses

Embalse	Valor Ambiental
Vegas de Itata	Medio
Tauco	Bajo
Perales	Medio
Leoneas	Bajo
Ránquil	Bajo
Kaiser	Medio
Tranaquepe	Medio (R)
Rumena	Bajo
Quidico1	Medio
Quidico2	Bajo
Las Puentes	Medio
Laguna El Pillo	Medio (R)
Mirrihue	Medio
Pichibureo	Medio (R)

Fuente: Elaboración propia
(R) : Restricción Ambiental

6.6 RESULTADOS DE LA MATRIZ MULTICRITERIO

Como resultado de la integración de todos los parámetros y miradas de especialidades se obtuvo la evaluación de cada uno de los sitios estudiados. De esta manera se obtiene un listado priorizado del conjunto de embalses, el cual facilita la decisión por parte de la DOH en lo que respecta a la elección de los sitios que continúan su desarrollo técnico en las siguientes etapas. Los resultados de la Matriz Multicriterio se presentan en la Tabla 6-7.

Tabla 6-7 Matriz Multicriterio de los sitios de Embalse

N°	Nombre	Provincia	Comuna	CRITERIO ECONÓMICO	CRITERIO SOCIAL	CRITERIO ESTRATÉGICO	CRITERIO AMBIENTAL TERRITORIAL	CRITERIO COMPLEJIDAD TÉCNICA DE LAS OBRAS	Indicador Integrado
				18,40%	34,10%	22,60%	9,20%	15,70%	
1	Kaiser	Ñuble	Coihueco, Pinto	1,00	4,60	1,00	1,00	6,05	3,0
2	Las Puentes	Arauco	Arauco	8,20	1,00	3,70	1,00	8,40	4,1
3	Ranquil	Ñuble	Ranquil	4,60	3,70	1,00	1,00	6,60	3,5
4	Tranaquepe	Concepción	Hualqui	8,20	2,80	3,70	10,00	7,65	5,4
5	Laguna El Pillo	Biobío	Laja	1,00	5,95	3,70	10,00	4,00	4,6
6	Pichi Bureo	Biobío	Mulchén	8,20	4,15	1,00	10,00	2,35	4,4
7	Rumena	Arauco	Arauco	8,20	3,25	3,70	1,00	9,25	5,0
8	Mirihue	Biobío	Antuco	6,40	5,05	1,00	1,00	1,80	3,5
9	Quidico 1	Arauco	Arauco	1,00	3,25	3,70	1,00	7,15	3,3
10	Quidico 2	Arauco	Arauco	8,20	1,00	3,70	1,00	10,00	4,3
11	Perales	Ñuble	Coelemu	8,20	6,85	3,70	1,00	7,45	5,9
12	Vegas de Itata	Ñuble	Coelemu	4,60	6,85	1,00	1,00	7,20	4,6
13	Tauco	Ñuble	Coelemu	10,00	6,85	3,70	1,00	1,00	5,3
14	Leonerías	Ñuble	Coelemu	6,40	2,80	1,00	1,00	6,85	3,5

Fuente: elaboración propia

Nota 1: Los sitios destacados en rojo presentarían Restricciones ambientales

Nota 2: Los sitios destacados en amarillo corresponden a aquellos con el menor valor del Indicador Integrado y, por ende, aquellos con mejores condiciones para ser desarrollados a nivel de factibilidad.

7 DEFINICIÓN DE SITIOS A ESTUDIAR

Conforme a lo señalado en las Bases del Estudio, una vez realizado el análisis preliminar respecto de los antecedentes disponibles, además de los antecedentes recabados en las primeras visitas a la zona, se estableció un primer diagnóstico de los sitios posibles para el emplazamiento de pequeños embalses, lo que permitió desarrollar los diseños preliminares de embalses, de manera de obtener una priorización entre el conjunto de proyectos estudiados y así establecer los sitios donde desarrollar los trabajos de terreno. El resultado de esta priorización se presenta en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1 Priorización Sitios de Embalses Región del Bío Bío

N° Orden	Nombre	Provincia	Comuna
1	Kaiser	Ñuble	Coihueco
2	Quidico 1	Arauco	Arauco
3	Ránquil	Ñuble	Ránquil
4	Mirihue	Biobío	Antuco
5	Leonerías	Ñuble	Coelemu
6	Las Puentes	Ñuble	Coihueco
7	Quidico 2	Arauco	Arauco
8	Vegas de Itata	Ñuble	Coelemu

N° Orden	Nombre	Provincia	Comuna
9	Rumena	Arauco	Arauco
10	Tauco	Ñuble	Coelemu
11	Perales	Ñuble	Coelemu

Del listado anterior, este Consultor estableció que los 5 primeros sitios están en condiciones de ser desarrollados a nivel de proyecto, conforme a los requerimientos del Plan de Pequeños Embalses. Finalmente, los sitios elegidos por DOH para ser desarrollados en las etapas de trabajos de terreno fueron Kaiser, Quidico, Ránquil y Mirrihue.

De esta manera, fueron ejecutados sondajes, calicatas y perfiles geofísicos para determinar las características de los suelos de fundación, además de desarrollarse los estudios básicos en cada uno de los sitios seleccionados. Sin embargo, para el sitio de Kaiser, durante el desarrollo de la ingeniería y los trabajos de terreno se presentaron complejidades técnicas y ambientales, lo cual hacía necesario desarrollar estudios más específicos de los considerados en los términos de referencia, además del aumento en los costos del estudio y los plazos de construcción. Las complejidades técnicas encontradas fueron las siguientes:

- Estratos de 30 m a 35 m de suelos arenosos y arena limosos de baja compacidad.
- Nivel freático superficial, del orden de 2 m a 4 m de profundidad, lo que presenta posibilidades de licuefacción y de asentamientos diferenciales.
- Presencia de especies en categoría de conservación “en peligro”: *Nematogenys inermis* y *Percilia gillissi*.

Dichas complejidades llevaron a agotar los trabajos considerados en el estudio, razón por la cual solo se estudió hasta la etapa de estudios básicos.

Por otro lado, no fue posible acceder al sitio de Quidico para realizar prospecciones debido a la oposición de parte de la comunidad, representada por la Sra. Bernarda Marican Peña (Presidenta de la JJVV de Quidico y Presidenta de la Comunidad Indígena de Quiñiquilco) y el Sr. Valentín Ancán, además de los dueños del sector a prospectar (Forestal Arauco). Esta oposición fue manifestada en reunión con la comunidad el día 21 de enero de 2016, en el sector de Quidico. Dado lo anterior DOH tomó la decisión de no continuar con los estudios básicos en la zona.

Finalmente, se continuó con los estudios de los dos sitios restantes: Ránquil y Mirrihue.

8 ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

Como se mencionó anteriormente, por motivos de accesos, se desarrollaron los trabajos de terreno programada para 3 de los 4 sitios de embalses seleccionados por DOH. Al sitio de Quidico no fue posible acceder debido a la oposición de parte de la comunidad y de los dueños

del lugar a prospectar. Posterior a esto DOH ha tomado la decisión de dejar fuera de la Consultoría el sitio de Quidico.

La campaña de prospecciones, en los sitios de Kaiser, Ránquil y Mirrihue, estuvo orientada a la caracterización geológica y geotécnica de los sectores de emplazamiento e inundación de cada sitio de embalse, así como a obtener información geotécnica de la red de canales para la distribución de riego.

En cada uno de los sondajes ejecutados se realizaron ensayos de permeabilidad y conductividad hidráulica en función del tipo de terreno y las condiciones encontradas durante la ejecución de los sondajes. Además, se realizarán ensayos SPT en los niveles de suelo, con el objeto de estimar, entre otros, su compacidad o consistencia.

Además, se proyectaron calicatas con profundidades nominales de hasta 2 m en el trazado de los canales y sector de la cubeta; y de hasta 5 m en la zona del muro. Éstas permitirán identificar las características de depósitos de suelos y, eventualmente, la profundidad del sustrato rocoso. En las calicatas correspondientes a las zonas de fundación de la presa y zona de inundación, se realizaron pruebas in situ de permeabilidad a carga constante (Porchet) y densidad con cono de arena.

Cabe mencionar, que en el desarrollo de estos trabajos se identificó que los suelos encontrados en el estribo izquierdo del embalse Kaiser son susceptibles de desarrollar fenómenos de licuefacción hasta profundidades de 35 m, por lo que no se recomendaría realizar la fundación en ese sector. Esta fue una de las razones para detener el desarrollo de los diseños de este embalse y dejarlo hasta una etapa preliminar del proyecto.

Respecto a la caracterización geológica de los sitios, se realizó el mapeo superficial de los embalses.

Un completo detalle y registro de los trabajos geológicos-geotécnicos desarrollados en cada sitio se incluye en el Tomo III del presente estudio.

9 ESTUDIO LEGAL DERECHOS DE AGUA

En el presente estudio se realizó la actualización de los derechos de aprovechamiento de aguas constituidos. Se analizaron los derechos a partir de la etapa administrativa de su constitución, o administrativo-judicial en el caso de las regularizaciones, como también de las inscripciones de cada derecho que conforman su historia registral en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces respectivo, hasta la inscripción de dominio vigente.

Para desarrollar adecuadamente el estudio, se revisó y analizó catastros existentes, con el objetivo de sistematizar toda la información y realizar un análisis preliminar de los derechos de aprovechamiento y de los usos de aguas en la cuenca. Luego se inició el trabajo de levantamiento de las inscripciones de los derechos en el Registro de Propiedad de Aguas de

los Conservadores de Bienes Raíces respectivos.

La demanda hídrica en las zonas de estudio se estimó considerando la situación de los derechos de agua superficiales que están aguas abajo de los embalses, en las zonas de riego definidas, y los derechos que extraen agua desde el cauce alimentador del embalse.

Para el sitio de Kaiser, del levantamiento efectuado, se encontraron un total de 19 expedientes administrativos, 3 de ellos corresponden a expedientes administrativos correspondientes a constitución de derechos de aprovechamiento de aguas y 16 a regularización de derechos de aprovechamiento de aguas en virtud del procedimiento establecido en el artículo 2º transitorio del Código de Aguas.

En Mirrihue, se encontraron un total de 19 expedientes administrativos, de ellos, 6 corresponden a expedientes administrativos correspondientes a constitución de derechos de aprovechamiento de aguas y 13 a regularización de derechos de aprovechamiento de aguas en virtud del procedimiento establecido en el artículo 2º transitorio del Código de Aguas.

En los embalses Kaiser y Mirrihue se considera almacenar el caudal de los regantes que serían beneficiados con el proyecto, por lo que se deberá realizar el traslado de sus derechos.

El embalse Kaiser almacenaría los derechos existentes, pertenecientes al canal Coihue-La Dehesa, el cual posee 136 acciones. De este canal no se tiene información de dotación de caudal, por lo que se hizo el supuesto de que, considerando la referencia de que con 10.400 m³/ha/año se riegan 266 ha (4562-1000-CO-INF-001_B “Estudios Agronómicos”), se utilizó como supuesto que la dotación en caudal del canal, la que ascendería a 87,7 L/s. Dicho caudal correspondería al 6% del total de caudal otorgado en la cuenca completa. En la cuenca aportante al embalse Kaiser, el total de derechos otorgados a la fecha es de 0,1 L/s, por lo que en el supuesto de que los derechos del canal se trasladarían al embalse, se tendría que casi el 100% del total de derechos de la cuenca aportante se podrían embalsar.

El embalse Mirrihue haría uso de los derechos de los canales Digna Díaz, Pajal y Almendras, los que totalizan 10,2 acciones. Al igual que en Kaiser, no se tiene información de dotación en los canales, por lo que se utilizó como referencia el caudal de 1,5 L/s otorgado mediante regularización de derecho a un titular que a su vez es integrante del canal Pajal, en donde posee 1 acción. En base a ello, se usó como supuesto que el caudal que se podría embalsar ascendería a 15,3 L/s, el cual corresponde al 62% del total de la cuenca completa.

Por otro lado, en el embalse Ránquil, se encontró un total de 82 expedientes administrativos, de ellos 54 son expedientes administrativos correspondientes a constitución de derechos de aprovechamiento de aguas y 28 a regularización de derechos de aprovechamiento de aguas en virtud del procedimiento establecido en el artículo 2º transitorio del Código de Aguas.

Para el embalse Quidico, del levantamiento efectuado, se encontró un total de 14 expedientes administrativos, de ellos 13 corresponden a expedientes administrativos correspondientes a constitución de derechos de aprovechamiento de aguas y 1 a regularización de derechos de

aprovechamiento de aguas en virtud del procedimiento establecido en el artículo 2º transitorio del Código de Aguas.

Para el funcionamiento de los embalses Ránquil y Quidico se considera usar derechos nuevos, los que se solicitarían a la DGA, por lo que se hizo el balance correspondiente, tanto en la cuenca aguas arriba al embalse como en la cuenca completa, hasta la confluencia con el río Itata en el caso de Ránquil, y hasta la desembocadura en el mar para Quidico, estimando con ello el caudal disponible para solicitar como derecho permanente y eventual. Para ello se consideró la metodología de la DGA y caudales en distintas probabilidades de excedencia. Cabe señalar que en una primera etapa se estimó disponibilidad hídrica considerando que se otorgarían tanto derechos permanentes como eventuales, pero que, en base a la revisión de expedientes técnicos de otorgamiento de derechos, se constató que en la cuenca de Ránquil no se estarían otorgando derechos de tipo permanente, por lo que se debe considerar solo hacer uso de derechos eventuales.

Respecto de la solicitud de derechos de aprovechamiento para el proyecto de Ránquil, en el levantamiento de expedientes de constitución de derechos de aprovechamiento del Sitio Ránquil, se detectó el expediente administrativo ND-VIII-1-1965, correspondiente a una solicitud de constitución de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales del Estero Ránquil, de ejercicio eventual y discontinuo entre los meses de mayo a septiembre inclusive, por un caudal de 15 millones de metros cúbicos anuales, efectuada por la Dirección de Obras Hidráulicas, y denegada por resolución DGA Nº 444 de 2007, por no haberse acompañado la correspondiente memoria explicativa. Sin embargo, el informe técnico emitido en el expediente concluía que existía disponibilidad hídrica para constituir un derecho de aprovechamiento de aguas superficiales del estero Ránquil, de ejercicio eventual y discontinuo, entre los meses de mayo a septiembre, inclusive, por un caudal de 4,2 millones de metros cúbicos anuales.

La situación descrita, más el balance hidrológico efectuado en el marco del presente Estudio, se tradujo en la redacción de una nueva solicitud de un derecho de aprovechamiento consuntivo de aguas superficiales y corrientes del estero Ránquil, que recorren la provincia de Ñuble, VIII Región del Bío Bío, de uso consuntivo, ejercicio eventual y discontinuo, por un volumen de 11.670.532 metros cúbicos anuales.

Un completo detalle del estudio legal de los Derechos de Agua, para cada sitio, se incluye en el Tomo III del presente estudio.

10 ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO

El estudio hidrogeológico realizado, caracterizó los 4 sitios seleccionados para la construcción de un Embalse Pequeño: Ránquil, Kaiser, Quidico y Mirrihue. El objetivo principal del estudio hidrogeológico fue determinar el impacto e interacción de los distintos embalses proyectados con el acuífero local. Para lograr dicho objetivo es necesario caracterizar los distintos acuíferos reconocidos asociados a las obras propuestas.

La caracterización contempla la determinación de la geometría del acuífero tanto en superficie, reconociendo el contacto roca basamento, como en profundidad en base a los sondeos realizados.

Se incluyó, además, un catastro de pozos, con el fin conocer el tipo de las captaciones utilizadas en cada sector, su nivel estático, parámetros fisicoquímicos *in-situ* del agua subterránea. Con la información proveniente del catastro de pozos y de los antecedentes disponibles se genera una piezometría preliminar, que permita conocer el gradiente hidráulico y el sentido de flujo subterráneo.

Se realizó un perfil hidrogeológico transversal al valle en la zona de los embalses, indicando la zona saturada bajo la presa con el fin de determinar el flujo pasante. En base a lo anterior se evalúa cual es el efecto del embalse en el acuífero local.

En base al estudio hidrogeológico realizado se pudo identificar presencia de aguas subterráneas y de acuíferos en los sectores de Ránquil, Kaiser y Mirrihue. En general los niveles estáticos son bastantes someros y el gradiente hidráulico está condicionado por la topografía de los sectores.

Para el caso de Ránquil y Mirrihue se espera que el acuífero se encuentre contenido por unidades granulares y además de roca fracturada, en el caso de Kaiser el acuífero sería de tipo granular.

Para estimar el flujo pasante bajo el muro se realizó un modelo numérico en 2 dimensiones utilizando el software SEEP/W 2012 (Geo-Slope, 2013). Los resultados de la modelación indican que en el sector de Ránquil el flujo pasante sería de 1 L/s y en el caso de Kaiser sería 0,4 L/s, en ambos casos considerando agua embalsada hasta 1 m bajo el límite superior del muro proyectado. De acuerdo a estos resultados se concluye que la presencia del embalse no tendría mayor efecto en el acuífero aguas abajo.

11 ESTUDIO HIDROLÓGICO

El estudio hidrológico tiene por objetivo estimar la disponibilidad hídrica superficial de la cuenca para optimizar la capacidad máxima de los embalses. Para ello se hizo un balance hídrico en la zona de emplazamiento de los proyectos seleccionados.

Para la caracterización hidrológica se realizó el análisis de la información de las estaciones pluviométricas y fluviométricas, para así determinar la información base que se usará en la estimación de caudales afluentes a cada embalse.

La demanda hídrica en las zonas de estudio se estimó considerando la situación de los derechos de agua superficiales que están aguas abajo de los embalses, en las zonas de riego definidas, y los derechos que extraen agua desde el cauce alimentador del embalse.

Respecto al estudio de crecidas, se determinó el caudal de crecida anual para las cuencas en estudio, asociado a los períodos de retorno de 10, 20, 50, 100, 1.000 y 10.000 años. Además, se determinó el caudal de crecida (para el desvío) para el período de estiaje (para períodos de retorno 10 y 20 años) y tres potenciales períodos de tiempo de desvío del cauce y construcción de la presa, estos son enero-marzo; diciembre-marzo y diciembre-abril.

Por otro lado, para evaluar el funcionamiento del embalse e identificar su capacidad de entrega a zonas de riego propuestas, para un cierto volumen de embalse y cumpliendo una seguridad de riego del 85%, se implementó una representación del sistema hídrico superficial en el programa ExtendSim. Éste se caracteriza por una programación orientada a objetos de manera que cada uno representa un algoritmo que lleva a cabo un determinado proceso.

12 TOPOGRAFÍA

Se realizaron los trabajos topográficos asociados a 3 de los 4 sitios elegidos por DOH para el desarrollo de la ingeniería de detalle, ya que en el sitio Quidico hubo problemas de accesos y el sitio fue descartado, durante la etapa de trabajos de terreno, por la DOH.

Los trabajos geodésicos realizados, se desarrollaron consecuentemente según lo establecido en las Especificaciones Técnicas Topográficas (ETT) de la DOH, versión del año 2011.

Principalmente y, a rasgos generales, el trabajo realizado en esta etapa corresponde a:

- Efectuar una Poligonal GNSS Geodésica de Vinculación SIRGAS
- Densificar la red principal, por intermedio de Poligonales Secundarias.
- Realizar una Nivelación.
- Calculo de coordenadas UTM a coordenadas Topográficas reducidas, según las ETT-DOH 2011.

Además, se monumentaron puntos de referencias (PRs) según las dimensiones especificadas en las ETT, aprobados previamente por la DOH.

Un completo detalle y registro de la información generada se incluye en el Tomo III del presente estudio.

13 DISEÑO DE OBRAS

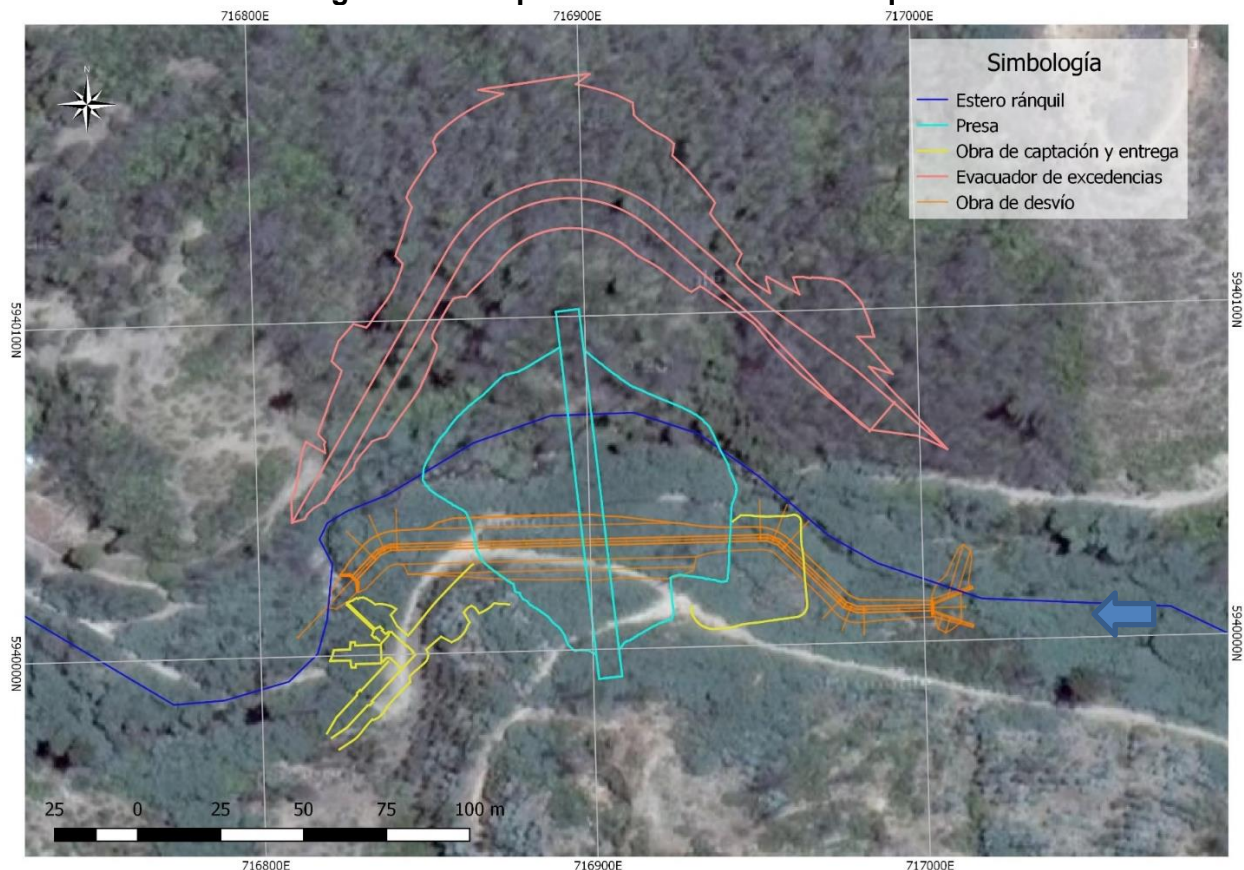
13.1 EMBALSE RÁNQUIL

El embalse Ránquil se ubica en el estero Ránquil a, aproximadamente, 13 km al Nor-oeste de la localidad de Quillón, en la comuna de Ránquil, Provincia de Ñuble, Región del Biobío. Específicamente se localiza en las coordenadas UTM Este: 716.905 m y Norte: 5.939.991 m, Datum WGS84 huso 18 Sur.

Este embalse beneficiará a un total de 30 habitantes del sector, abarcando una extensión de riego potencial de 67 ha.

El embalse Ránquil tiene una presa de tierra homogénea de altura máxima 20 m, cuyo coronamiento se encuentra en el nivel 95,0 msnm. El nivel máximo de operación corresponde a la cota 91,5 msnm (umbral del vertedero de excedencias) para el cual se tiene un volumen total de 452.206 m³.

Figura 13-1 Esquema obras embalse Ránquil



Fuente: Elaboración Propia

El evacuador de excedencias del embalse Ránquil corresponde a un vertedero frontal de 11 m de ancho, cuyo umbral se ubica en la cota 91,5 msnm. Aguas abajo de la grada de control, se encuentra una transición de contracción del ancho del canal de 11 a 5,5 m. El evacuador contempla un rápido de descarga y un dissipador de energía, la entrega al estero Ránquil se realiza mediante un canal de enrocado. Estas obras fueron diseñadas para la crecida de T=1000 años (70,0 m³/s) y verificadas para T=10.000 años (92,1 m³/s).

La estructura de captación está constituida por una torre circular construida en hormigón armado con dimensiones mínimas, pero con capacidad para que sea accesible por un operador. La torre dispondrá de 6 rejillas laterales ubicadas a distintos niveles de acuerdo al

volumen muerto definido por el volumen de sedimentos estimado. De la torre saldrá una tubería de acero que atravesará el cuerpo de la presa, de ella derivarán 3 tuberías de acero para la descarga de fondo, entrega a riego y entrega de caudal ecológico, con sus respectivas válvulas de guarda y operación.

La obra de desvío del embalse Ránquil fue diseñada para un caudal correspondiente a un periodo de retorno de 10 años en época de estiaje. La obra consiste en una tubería de acero de 72" (1.800 mm diámetro nominal y espesor 12,7 mm). Adicionalmente, se incorpora una ataguía a la entrada del conducto de material homogéneo de 2,59 m de altura máxima.

13.2 EMBALSE MIRRIHUE

El embalse Mirrihue se ubica a aproximadamente 4,6 km al oeste de la localidad de Antuco, en la comuna de Antuco, Provincia de Biobío, Región del Biobío. Específicamente se localiza en las coordenadas UTM Este: 258.715 m y Norte: 5.862.976 m, Datum WGS84 huso 19 Sur.

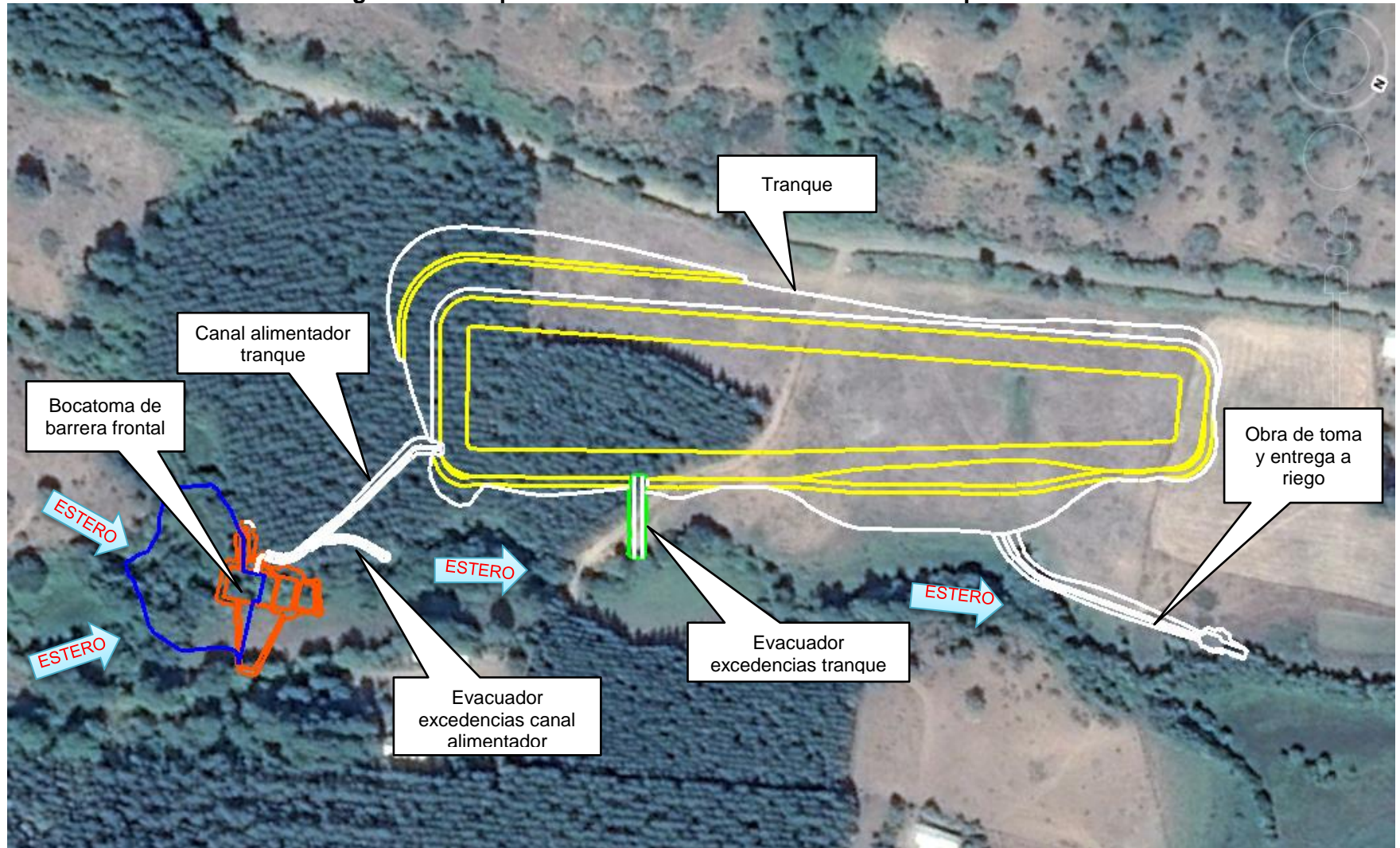
Este embalse beneficiará a un total de 60 habitantes del sector, abarcando una extensión de riego potencial de 48 ha y corresponde a un tranque generado mediante excavación y rellenos, con taludes de 10 m de altura y un ancho de coronamiento de muros de 3 m. Como criterio de diseño se contempla la utilización de geotextiles (400 gr/m²) y geomembranas (LLDPE 2,0 mm) en todos los taludes mientras que en el fondo se dispone de una capa de finos impermeable de 40 cm de espesor compuesto por material seleccionado de misma excavación del tranque. Para dicha geometría, se tiene un volumen útil de 100.596,3 m³, medidos desde la elevación superior del volumen muerto (El 611,5 msnm) hasta la elevación máxima de operación (El 618,84 msnm).

El tranque es alimentado por un canal alimentador de 78 m de longitud, que capta sus aguas del estero Mirrihue mediante una bocatoma de barrera frontal ubicada en la confluencia de dos afluentes de estero Mirrihue. El diseño del canal considera un evacuador de excedencias por seguridad.

Por otro lado, el evacuador de excedencias del embalse consiste en un vertedero de pared intermedia (ancho 1,35 m, espesor 0,4 m y altura de 0,2 m) que permite evacuar un caudal de diseño de 0,135 m³/s, un rápido de descarga y un cuenco dissipador. Aguas abajo del cuenco dissipador se dispone de una protección de enrocados que conduce las aguas al estero Mirrihue.

La obra de captación consiste en una cámara de toma en hormigón armado provista de una rejilla en la zona de acceso del flujo. La toma se ubica en el nivel de fondo del tranque y su descarga se realiza mediante una tubería de HDPE de 315 mm de diámetro. Esta tubería posee una longitud de 140 m, hasta conectarse en la cámara de válvulas a un *manifold*, a partir del cual se presentan 3 derivaciones en acero. Una de 12" para el desagüe de fondo controlada por una válvula guillotina de igual dimensión, y 2" de 6" para entrega a riego (1 servicio, 1 reserva) con válvulas mariposa para regulación y válvulas de guillotina para guarda.

Figura 13-2 Esquema obras anexas Embalse Mirrihue en planta



Fuente: Elaboración Propia

14 REDES DE DISTRIBUCIÓN

El diseño de la red de riego asociada a cada uno de los proyectos de embalses, de la Región del Biobío se realizó en base a la información de gabinete recogida en la revisión de Antecedentes y a un completo catastro de terreno de las situación actual, tanto en la zona de captación como en los sectores de riego donde se necesita entregar el recurso.

Respecto al sitio de Ránquil, en base a la revisión de antecedentes realizada, existen 3 canales que captan sus aguas del estero Ránquil. De los 3 canales existentes ninguno formaría parte de la red de riego del embalse en estudio por encontrarse fuera del área de riego. Por lo tanto, en este caso, la red de distribución se conformaría únicamente por un canal proyectado.

El canal matriz proyectado tiene como objetivo distribuir las aguas del Embalse Ránquil hacia una red secundaria por proyectar, de manera de abastecer un área potencial de riego de aproximadamente 170 ha.

El trazado del canal tiene su inicio desde de la obra de entrega a riego del embalse y abarca 5.400 m lineales que contemplan 5 cruces de caminos y 9 de quebradas de distintas dimensiones. El canal es principalmente excavado, con sección transversal trapecial de ancho base 50 cm. y altura 70 cm. El cruce de caminos y quebradas se hace bajo nivel mediante obras de arte que pueden ser canoas o alcantarillas de hormigón o bien sifones con tubería de acero.

Respecto al sitio de Mirihue, a partir de la información recopilada, tanto en la DGA como en el Conservador de Bienes Raíces (CBR), en la revisión de los antecedentes disponibles referidos a la red de riego existente, se identificaron 10 canales de riego. Luego, se efectuaron diversas campañas de terreno con el fin de corroborar la información recopilada en gabinete. En particular, se levantó la ubicación de las bocatomas de los canales existentes, se inspeccionaron sus obras a fin de establecer un diagnóstico de la obra que permita determinar si estas requieren algún tipo de mejoramiento.

15 INVERSIÓN DE LAS OBRAS

Para la estimación de los costos de construcción de cada uno de los proyectos de embalse se realizó un análisis de precios unitarios.

La moneda utilizada en el análisis de los precios unitarios, es el peso chileno (CLP o \$). El valor de la UF utilizado es de \$25.812,05; al 31 de marzo de 2016 y del dólar \$630.79, (promedio del año 2015 hasta 31 de marzo del 2016).

De acuerdo al nivel de ingeniería, la precisión de la estimación de las inversiones del proyecto, corresponde a Clase 2, con un rango de precisión de -5% a +15%, antes de la contingencia.

Los costos directos de construcción están desagregados de la forma siguiente:

- Equipos y Maquinarias
- Mano de Obra
- Materiales
- Subcontratos

Respecto de los gastos generales de construcción, el monto a considerar depende del periodo de construcción del proyecto y corresponde a los sueldos del personal superior, administrativo, de mantención y personal indirecto de apoyo a la construcción, además de la alimentación, transporte, equipos de apoyo, instalación de faenas, gastos administrativos del contratista, etc.

Como el monto de estos gastos generales depende de la duración de la construcción, éste varía de acuerdo a cada proyecto. El valor de los gastos generales y su incidencia en el presupuesto total (en porcentaje) se obtiene dividiendo el costo directo total de construcción con el monto de los gastos generales.

La estimación de los costos ambientales asociados a las medidas de manejo ambiental (mitigación, restauración y/o compensación) en las etapas de construcción y operación del Proyecto, se estimaron, en base a juicio experto, como un 2% del costo de construcción de las obras.

El costo del proyecto Embalse Mirrihue, finalmente, se estima en un valor total de **\$ 3.222.383.410**. Por su parte, el costo del proyecto Embalse Ránquil se estimó en un valor total de **\$ 8.766.451.445**.

En las siguientes Tablas se presenta el resumen del presupuesto estimativo para los embalses Ránquil y Mirrihue, respectivamente.

Tabla 15-1: Resumen Presupuesto Embalse Ránquil

ÍTEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TOTAL COSTO \$	TOTAL COSTO UF	TOTAL COSTO USD	% INCIDENCIA
1	Obras de inicio y termino de faena	41.455.447	1.606	65.720	0,8%
2	Obras de Desvio	487.732.177	18.896	773.208	9,4%
3	Obras de muro y área de inundación	1.359.478.019	52.668	2.155.199	26,1%
4	Evacuador de crecidas	2.005.137.045	77.682	3.178.771	38,5%
5	Torre de captación y conducción	189.808.089	7.353	300.905	3,6%
6	Obras de entrega a riego y desague de fondo	273.330.402	10.589	433.314	5,2%
7	Caminos de Operación Sur (L= 994 m)	110.232.542	4.271	174.753	2,1%
8	Caminos de Operación Norte (L=1100 m)	340.896.593	13.207	540.428	6,5%
9	Canal Matriz entrega de riego (L=5360 m)	399.741.494	15.487	633.716	7,7%
	SubTotal Costo Directo de Construcción	\$ 5.207.811.808	UF 201.759	8.256.015	100,0%
	Gastos generales (16%)	\$ 833.249.889	UF 32.281	1.320.962	
	Utilidades (10%)	\$ 520.781.181	UF 20.176	825.602	
	Total Costo de Construcción	\$ 6.561.842.878	UF 254.216	10.402.579	
	Contingencia (8%)	\$ 524.947.430	UF 20.337	832.206	
	Total costo con contingencia	\$ 7.086.790.308	UF 274.554	11.234.785	
	IVA (19%)	\$ 1.346.490.159	UF 52.165	2.134.609	
	Total Costo de Construcción con IVA	\$ 8.433.280.467	UF 326.719	13.369.395	
	Otros Costos				
	Expropiaciones	\$ 201.934.120	UF 7.823	320.129	
	Trabajos Medioambientales (2% costo directo)	\$ 131.236.858	UF 5.084	208.052	
	Total Otros Costos	\$ 333.170.978	UF 12.908	528.181	
	TOTAL PRESUPUESTO	\$ 8.766.451.445	UF 339.626	13.897.575	

Tabla 15-2: Resumen Presupuesto Embalse Mirrihue

ÍTEM	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	TOTAL COSTO \$	TOTAL COSTO UF	TOTAL COSTO USD	% TOTAL INCIDENCIA
1	Obras de inicio y termino de faena	42.367.912	1.641	67.166	3,0%
2	Obras de Tranque	1.057.653.960	40.975	1.676.713	73,7%
3	Sistema de Drenaje	86.490.598	3.351	137.115	6,0%
4	Bocatoma Canal alimentador y evacuador de excedencias	111.244.469	4.310	176.357	7,7%
5	Obra de captación y entrega riego	100.333.102	3.887	159.059	7,0%
6	Evacuador de excedencias del Tranque	13.368.471	518	21.193	0,9%
7	Construcción camino de Operación (L=145m)	5.715.472	221	9.061	0,4%
8	Reposición Camino Cruce Estero	18.859.022	731	29.897	1,3%
	SubTotal Costo Directo de Construcción	\$ 1.436.033.006	UF 55.634	2.276.563	100%
	Gastos generales (45%)	\$ 646.214.853	UF 25.035	1.024.453	
	Utilidades (10%)	\$ 143.603.301	UF 5.563	227.656	
	Total Costo de Construcción	\$ 2.225.851.160	UF 86.233	3.528.672	
	Contingencia (8%)	\$ 178.068.093	UF 6.899	282.294	
	Total costo con contingencia	\$ 2.403.919.253	UF 93.132	3.810.966	
	IVA (19%)	\$ 456.744.658	UF 17.695	724.084	
	Total Costo de Construcción con IVA	\$ 2.860.663.911	UF 110.827	4.535.050	
	Otros Costos				
	Expropiaciones	\$ 317.202.476	UF 12.289	502.865	
	Trabajos Medioambientales (2% costo directo)	\$ 44.517.023	UF 1.725	70.573	
	Total Otros Costos	\$ 361.719.499	UF 14.014	573.439	
	TOTAL PRESUPUESTO	\$ 3.222.383.410	UF 124.840	5.108.488	

16 PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

Se estimaron los recursos necesarios, tanto en maquinaria como mano de obra, y el programa de construcción para ambos embalses. De acuerdo a los criterios establecidos por este consultor en la metodología constructiva, para el Embalse Mirrihue se obtiene el cronograma de construcción que se muestra en la siguiente Figura:

Figura 16-1 Cronograma de Construcción Embalse Mirrihue

ITEM	DESIGNACIÓN	DURACIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10
CONSTRUCCIÓN EMBALSE MIRRIHUE												
1	Obras tempranas											
1.1	Movilización e Instalación de faena	1 mes	█									
2	Obras del Tranque											
2.1	Limpieza y escarpe	2 semanas		█								
2.2	Excavación tranque	6 meses		█	█	█	█	█	█			
2.3	Relleno con material in situ	2 meses							█	█		
2.4	Impermeabilización tranque	2 meses								█	█	
2.5	Drenes Californianos	3 meses										
2.6	Bocatoma canal de alimentación y evacuator	3 meses										
2.7	Vertedero de Excedencias del tranque	2 meses										
2.8	Obra de Captación y entrega	2 meses										
2.9	Construcción camino Operación	1 mes										
2.10	Reposición camino cruce estero	1 mes										
3	Obras de término											
3.1	Desmovilización	1 mes										█

El plazo de construcción se estimó en 10 meses, incluida la movilización, instalación de faenas y desmovilización del contratista. La ruta crítica está representada por la movilización, instalación de faenas y excavación del tranque. Todas las demás partidas cuentan con holguras.

Respecto del Embalse Ránquil, se presenta el cronograma de construcción en la siguiente Figura.

Figura 16-2 Cronograma de Construcción Embalse Ránquil

ITEM	DESIGNACIÓN	DURACIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11
CONSTRUCCIÓN EMBALSE RÁNQUIL													
1	Obras tempranas												
1.1	Movilización	1 mes	█										
2	Obras de Desvío												
2.1	Excavación	3 semanas		█									
2.2	Relleno y compactación	3 semanas			█								
2.3	Instalación Tubería y hormigonado	1,5 mes			█	█							
3	Obras de la Presa												
3.1	Excavación fundación Muro	2 meses											
3.2	Fortificación Estribos	1 mes											
3.3	Relleno y compactación Muro	5 meses											
3.4	Geomembrana e hidrosiembrabra protección	1 mes											
4	Torre de captación y conducción												
4.1	Excavación	1 mes											
4.2	Relleno, hormigonado e inst. Tubería	2 meses											
5	Evacuador de Crecida												
5.1	Excavación Común	1 mes											
5.2	Excavación en roca	3 meses											
5.3	Relleno	2 semanas											
5.4	Fortificación taludes	3 meses											
5.5	Hormigonado	2 meses											
6	Obras de entrega a riego y desagüe de fondo												
6.1	Excavación, relleno y hormigonado	2 meses											
6.2	Instalación equipos mecánicos	1 mes											
7	Camino de operación norte y sur												
7.1	Excavación	2 meses											
	Relleno y carpeta granular	3 meses											
8	Canal Matriz												
8.1	Excavación	1 mes											
8.2	Relleno y carpeta granular	2 meses											
9	Obras de término												
9.1	Desmovilización	1 mes											█

Se estimó un plazo de construcción de 11 meses, incluidas la movilización, instalación de faenas y desmovilización del contratista. La ruta crítica está representada con color rojo que corresponde a Obras de desvío, Obras de Presa y Vertedero de excedencias.

17 FLUJOS AGRONÓMICOS

Considerando los criterios planteados, tanto para la Situación Actual Optimizada como para la Futura o con Proyecto, de los respectivos períodos de transición y las curvas logísticas asociadas, se determinaron los flujos de márgenes netos correspondientes a la situación actual a optimizada y actual a futura o con proyecto para los Estratos de Tamaño y el total del sector.

Se debe señalar que en el caso de las especies multianuales detectados en situación actual, la representatividad del ciclo completo de estas especies en los flujos de evaluación, se expresa a través de la proporcionalidad y relación directa existente entre los costos e ingresos de la ficha de situación actual, sin proyecto y la ficha de situación futura, la cual posee todo su ciclo representado en los estándares productivos.

Además del período de establecimiento y de puesta en riego, se debe considerar una curva natural de producción asociada a la edad y que contempla distintos costos e ingresos, según su entrada en producción y período de estabilización en cultivos multianuales.

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

En situación futura se consideraron los costos por concepto de gastos indirectos, riego tecnificado, habilitación de terrenos y del programa de asistencia tecnológica.

Para la situación actual, en donde la superficie actualmente regada no cuenta con una seguridad de riego adecuada, se ha procedido a afectar los rendimientos y costos de cosecha de acuerdo a la fórmula del Factor de Producción propuesta por Doorenbos y Kassan 1979 (FAO 33) y Ferreyra; Selles y otros 1985 y 1991.

En general el cálculo de los rendimientos está en directa relación con el factor hídrico, el cual en períodos de déficit, en especial de sequías severas, la producción de los rubros productivos, tanto en términos físicos como económicos, se ve notablemente disminuida.

Con el propósito de representar adecuadamente el efecto de la disponibilidad de agua de riego, se afectaron en los flujos de situación actual los ingresos y costos de cosecha (asociados a los rendimientos) con diferentes niveles de satisfacción de la demanda de cultivos. Esto se

llevó a cabo utilizando la metodología propuesta en FAO 33, la cual contempla funciones de producción.

Se debe indicar que la superficie de riego futura o con proyecto con 85% de excedencia, para el caso del proyecto Mirrihue, alcanza las 10,6 ha. Considerando que la superficie total asignada con riego es de 98 ha, se obtiene un factor de ajuste de 0,11. El Factor de Ajuste corresponde al cociente simple entre la superficie factible de regar con 85% de excedencia y la superficie total de riego asignada al área del proyecto. Con el factor de ajuste se homogenizan las superficies totales en las situaciones actual, optimizada y futura. A modo de información la superficie actual de riego con 85% de excedencia alcanza a las 0 ha.

Para el caso de Ránquil, la superficie de riego futura o con proyecto con 85% de excedencia alcanza a las 46 ha. Considerando que la superficie total asignada con riego es de 66,9 ha, se obtiene un factor de ajuste de 0,69. El Factor de Ajuste corresponde al cociente simple entre la superficie factible de regar con 85% de excedencia y la superficie total de riego asignada al área del proyecto. Con el factor de ajuste se homogenizan las superficies totales en las situaciones actual, optimizada y futura. A modo de información la superficie actual de riego con 85% de excedencia alcanza a las 5,5 ha.

18 EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LOS PROYECTOS

18.1 NORMAS DE EVALUACIÓN

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

Conforme a las recomendaciones de MIDESO, la evaluación económica social del proyecto se realizó para una tasa de descuento de 6%.

En base a esta metodología se ha considerado una situación actual optimizada o situación sin proyecto y una situación futura o con proyecto, para cada una de las cuales se han estimado sus respectivos costos y beneficios para un horizonte de evaluación de 50 años. La diferencia de costos y beneficios entre la situación futura o con proyecto y la situación sin proyecto permite obtener los beneficios netos atribuibles al proyecto.

Los beneficios asociados al proyecto se han estimado considerando el Método del Presupuesto, que en términos generales corresponde al aumento en la producción agrícola - ganadera, por la mayor disponibilidad de agua debido a la realización de las obras de regulación que permiten otorgar seguridad de riego a una superficie dada.

La producción agrícola, que refleja los beneficios del proyecto, depende de las cosechas de los cultivos, los cuales se han estructurado conforme a la proyección efectuada con las bases del estudio agronómico de la zona.

Los beneficios del proyecto se generan al aumentar la seguridad de riego para las tierras beneficiadas, permitiendo una mayor producción; ya sea por aumentar la superficie regada en cada año, como por permitir un cambio a cultivos más rentables, al disminuir el riesgo del abastecimiento de agua. Los beneficios del sistema vendrán dados por la diferencia de los márgenes netos agrícolas, entre la situación sin proyecto y la situación base optimizada.

En tanto, los costos asociados al proyecto corresponden a las inversiones necesarias para materializar las obras que permiten regular los recursos hídricos de cada sector beneficiado, así como los costos de mantención para preservar las obras del proyecto.

Una vez obtenidos los costos y beneficios de la habilitación del sistema de regulación, se determinaron los indicadores económicos, determinando el flujo anual de beneficios durante el horizonte de evaluación, a partir de lo cual se ha calculado el Valor Actual Neto de estos flujos (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

18.2 RESULTADOS EVALUACIÓN SOCIOECONÓMICA

Se realizó la evaluación socioeconómica asociada a la materialización del proyecto de riego Mirrihue y Ránquil, basada en las estimaciones de costos y estudios agronómicos realizados. Dados los datos de entrada se determinaron los indicadores económicos para el horizonte de evaluación, a partir de lo cual se ha calculado el Valor Actual Neto de estos flujos (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Conforme a las recomendaciones de MIDESO, la evaluación económica social de los proyectos se realizó para una tasa de descuento de 6% y para un horizonte de evaluación de 50 años, sin considerar valores residuales de las obras.

Los resultados e indicadores económicos se presentan a continuación:

Tabla 18-1 Indicadores Económicos de los Proyectos

Embalse	Costo de Inversión	VAN	TIR	Costo de Inversión / Superficie Regada con 85% de seguridad	Costo de Inversión / Superficie Total Beneficiada	Cantidad de Beneficiados
	MM\$	MM\$	%	MM\$/ha	MM\$/ha	-
Ránquil	8.766	-6.777	-3,5	187	128	30
Mirrihue	3.222	-2.911	-	301	66	60

19 ESTUDIOS MEDIO AMBIENTALES

Como parte de los trabajos desarrollados en el estudio, se realizó, además la elaboración de la Declaración de Impacto Ambiental, para los proyectos de Ránquil y Mirrihue. De esta manera, la Dirección de Obras Hidráulicas está en condiciones de ingresar estos documentos

para sometimiento al SEIA y obtener la Resolución de Calificación Ambiental que apruebe la materialización de cada uno de los proyectos.

Respecto de los trabajos ambientales en el sector del embalse Kaiser, dado que este sólo se estudió hasta etapa de prediseño por sus problemas técnicos y ambientales, se desarrolló únicamente lo concerniente a la Línea Base, de modo que sirva como antecedente para futuros estudios en la zona.

20 SITUACIÓN DEL PROYECTO RÁNQUIL Y ACCIONES FUTURAS

Con fecha posterior a la aprobación de los diseños del embalse Ránquil, la Dirección General de Aguas Región del Biobío, se pronunció respecto de los derechos de agua solicitados por la DOH en mayo del 2016, para la operación del embalse Ránquil.

A través del ORD. DGA Región del Biobío N°836, de fecha 29 de Mayo de 2017, se indica que efectuado el estudio de disponibilidad, con los criterios vigentes para la determinación del caudal ecológico, se determina la no existencia de recursos disponibles para constituir el derecho solicitado, por lo que se propone constituir solo un derecho de aprovechamiento consuntivo, de ejercicio eventual y continuo, por un volumen de 7.079.925 m³ al año, en vez de 11.670.532 m³ al año.

Lo anterior, condiciona que el proyecto Embalse Ránquil deberá ser re-estudiado, en base a los nuevos recursos otorgados, en los siguientes términos, todo lo cual no forma parte del alcance de la presente consultoría:

- Estudio agronómico y modelo oferta-demanda de agua.
- Definición de volumen a embalsar.
- Definición de zona de riego, canal matriz y beneficiados.
- Diseño del muro de presa.
- Diseño de obras de captación y entrega a riego.
- Diseño de evacuador de crecidas.
- Estimación de costos y evaluación social del proyecto.
- Estudio de expropiaciones.
- Programa de construcción y recursos.
- Confección de DIA, acorde al nuevo tamaño de las obras.

Adicionalmente, dado que se requiere la tala y roce tanto del sector de emplazamiento de las obras como de la nueva zona de inundación, se deberán solicitar los permisos correspondientes y desarrollar un Plan de Manejo Forestal con la Corporación Nacional Forestal (CONAF).