

POSTULACIÓN DE INICIATIVA DE INVERSIÓN PROCESO 2011

ETAPA DE PREFACTIBILIDAD

PERFIL DEL PROYECTO

"MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO EN RÍO CLARO DE RENGO, REGIÓN DE O'HIGGINS"

CÓDIGO IDI: 30103268-0

Diciembre 2010

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DEL ESTUDIO

1.1 Localización

El área de interés corresponde al río Claro de Rengo y sus afluentes, en el tramo comprendido entre su nacimiento en la Cordillera de los Andes y la zona de acceso al valle central (6,5 km aguas arriba de la Ruta 5). Dicha zona, queda comprendida en el cuadrante delimitado por las siguientes coordenadas geográficas: 34° 20' latitud sur, 70° 50' longitud oeste en el extremo norte, y 34° 35' latitud sur y 70° 30' longitud oeste, por el sur. Comprende en términos generales, el área delimitada por el pueblo de Rosario por el norte, la localidad de Pelequén por el sur y los faldeos cordilleranos y la Ruta 5 Sur por el oriente y poniente, respectivamente.

Este sector se encuentra incluido dentro de la comuna de Rengo, la que depende administrativamente de la provincia del Cachapoal, en la Región del General Bernardo O'Higgins. Se ubica aproximadamente a 130 km al sur de Santiago, siendo su principal acceso la Ruta 5 Sur, para luego comunicarse con la Ruta H-65, que bordea la ribera sur del río Claro.

En la Figura 1 se muestra un plano de ubicación general del sector de interés para el estudio.

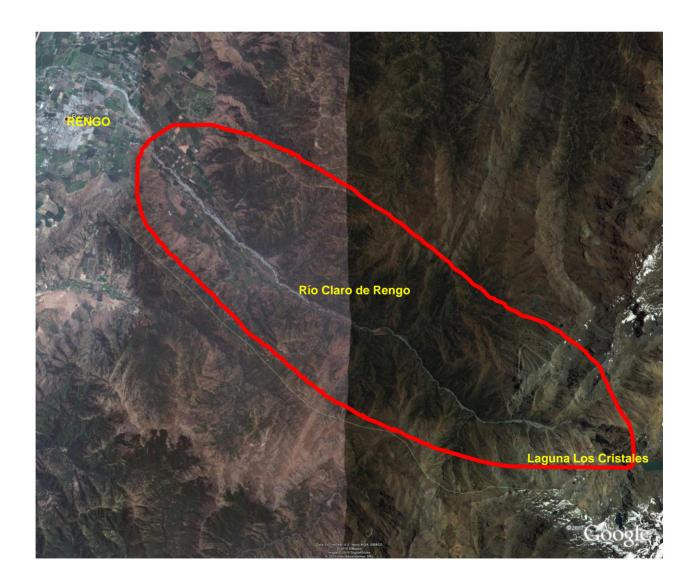


Figura 1: Ubicación General

1.2 Caracterización Geográfica e Hidrográfica

1.2.1 Relieve

El área analizada, a objeto de evaluar la posibilidad de ubicar un embalse de riego, corresponde al cajón precordillerano del río Claro de Rengo y sus afluentes laterales, en el tramo comprendido entre su nacimiento, aguas abajo de la confluencia de los efluentes del embalse Laguna Los Cristales y de la laguna Negra, y el acceso a la zona de riego limitada aproximadamente por el cerro El Peñón. Incluye, además, las quebradas laterales que drenan hacia la zona de riego, en el tramo comprendido entre el estero Tipaume y el río Claro.



En la Figura 2 se muestra el sector en estudio, identificando como Km 0,000 al punto del cauce ubicado frente al cerro El Peñón, mientras que el Km 35,000 correspondería aproximadamente al farellón rocoso ubicado aguas abajo del embalse Laguna Los Cristales.

En este sector el cauce en general se presenta encajonado, con un lecho acorazado y de granulometría extendida. Las pendientes medias se incrementan progresivamente desde 1,8% en la parte baja hasta alcanzar un 8,5% en el sector alto.

A contar del sector denominado "El Arenal" (Km 25,000, aproximadamente), la caja del lecho se ensancha y el cauce se presenta más divagante y con un cauce algo trenzado, y morfológicamente no tan definido como en la parte baja.

Por otro lado, en las laderas de los cerros adyacentes al cauce, en general se observan taludes estables, con pendientes que fluctúan alrededor de los 45°. En el recorrido de la zona, se aprecian afloramientos rocosos, los cuales presentan características distintas dependiendo del sector en que se ubiquen.

Respecto de lo anterior, se debe hacer notar que en el tramo comprendido entre los sectores de El Peñón (Km 0,000) y El Arenal (Km 25,000 aproximadamente), los afloramientos corresponden a rocas de tipo volcánicas, las cuales probablemente se encuentren no muy profundas en el sector del relleno fluvial del cauce, dada la forma de los taludes laterales de los cerros.

Por el contrario, en la zona de aguas arriba de El Arenal, las rocas observadas son del tipo intrusivas, las cuales presentan cortes aborregados, probablemente ocasionados por el deslizamiento de un glaciar. Debido a ello, el cauce se observa más amplio y las paredes laterales del valle presentan pendientes muy fuertes, con taludes casi verticales y con afloramientos de numerosos farellones laterales.

Asimismo, producto de la meteorización de la roca, en esta zona se observa la acumulación de escombros de falda, los cuales además de poseer una alta permeabilidad, no permiten estimar a simple vista una ubicación definida del basamento rocoso bajo el fondo del lecho.

1.2.2 Clima

Esta zona presenta un Clima mediterráneo, caracterizado por la presencia de lluvias principalmente en la época invernal y una larga temporada de estiaje que se extiende entre los meses de noviembre y marzo. El invierno es muy frío, particularmente en los meses de junio a agosto, los que además concentran la mayor parte de las precipitaciones.

Dicho sector, según el estudio Balance Hídrico de Chile (DGA-1987), presenta una temperatura media anual de 13 °C (Popeta), con valores medios extremos que fluctúan entre 21° en enero y 7° en julio, de manera tal que presenta condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades agrícolas como la Fruticultura.

Por otro lado, de acuerdo con el estudio recién citado, las precipitaciones presentan valores medios anuales que varían progresivamente en un perfil de altura desde 521 mm en Rengo, a 579 mm en Popeta y 815 mm en Central Las Nieves, siendo junio y julio los meses de mayores precipitaciones.

1.2.3 Red de drenaje

El río Claro de Rengo, nace en la cordillera de los Andes, aguas abajo de la confluencia del río Tapado con la Quebrada La Pandina, dando origen a un cauce de segundo orden. En efecto, el río Tapado correspondería a la prolongación hacia el oriente del río Claro, siendo un cauce de segundo orden que se forma por la confluencia de los desagües del embalse Laguna Los Cristales y la Laguna Negra, ambos de escasa hoya aportante. Por otro lado, la quebrada La Pandina corresponde a un cauce de primer orden, que confluye al río Tapado por el costado norte.

Hacia aguas abajo, antes de ingresar a la depresión intermedia (en donde principalmente se desarrollan las actividades agrícolas), confluyen progresivamente hacia el río Claro los siguientes cauces de importancia: las quebradas del Cepillo y Tierras Fofas por el costado norte, Bollenar por el sur y posteriormente El Peralito , La Viuda y La Cortina por el norte. Se debe hacer notar que, dado que todos estos cauces serían de primer orden, en el tramo mencionado no cambiaría de orden.

1.2.4 Flora y fauna

Dadas estas características climáticas del sector, la vegetación cuenta con humedad suficiente durante el invierno y la primavera, adaptándose de diversas maneras para soportar una época de prolongada aridez en los meses estivales. Una de las formaciones vegetales típicas, corresponde al matorral (muy semejante al "chaparral" californiano), que consta con especies arbustivas más o menos altas, en agrupaciones tupidas a veces, y entre las cuales se desarrolla generalmente, un denso tapiz de hierbas.

Un aspecto ecológico interesante es el producido por efecto de la mayor o menor disponibilidad de agua en las laderas de los cerros. Hay un contraste muy marcado entre las laderas de exposición sur, en las que el sol da sólo unas pocas horas al día, y las de exposición hacia el norte, secas e insoladas. Así, en cada caso existe vegetación especialmente adaptada a estas condiciones del medio ambiente, diferenciando los siguientes hábitat ecológicos: Laderas de exposición sur, laderas de

exposición norte, quebradas, fajas altitudinales y vegas.

En efecto, hasta los 1500 msnm en las laderas más sombrías, con terrenos ricos y más húmedos, son abundantes el peumo, el boldo, el litre, el maitén y el culén, en asociaciones densas. En las laderas asoleadas son típicos los chaguales (Puya) y los cactos columnares (Trichocereus), además de una serie de arbustos xerófitos, entre los que se desarrolla un abundante tapiz herbáceo durante la primavera (gramíneas, huillis, añañucas, azulillos, alstroemerias, etc.).

Por sobre los 1500 msnm, los matorrales se hacen más bajos y achaparrados. Son típicos el coliguay de cordillera (Colliguara integerrima), la chilca (Baccharis), algunas especies de clavel del campo (Mutisia) y el olivillo (Kageneckia angustifobia), entre otras; los soldaditos (Tropaeolum), alstroemerias, añañucas (Hippeastrum o Rhodophila), maripositas (Schizanthus sp), Salpiglosis compuestas, papilionaceas, etc.

En los sectores de vegas, es posible observar durante los meses de diciembre y enero las flores doradas del cáustico de vega (Ranunculus sp), los capachitos amarillos y morados de cordillera (Calceolarias), entre otras especies.

También es posible encontrar numerosas variedades de plantas medicinales que crecen en la cordillera, tales como el bailahuén y el horizonte, entre otras.

En relación a la fauna, durante las primeras visitas a terreno se observaron algunas especies de animales superiores, tales como zorros (pseudoalopex culpaeus), garzas (casmerodius albus), huairavos (Nycticorax nicticorax), pitíos (colaptes pitíus), codornices (Callipepla californica) y dormilonas (género Muscisaxicola), entre otros.

También se observaron diferentes reptiles y anfibios, tales como lagartos Callopistes (iguanas), lagartijas (Liolaemus) y culebras de cola larga (género Dromicus), en el primer caso, y algunos sapos y sus larvas acuáticas, para el segundo.

Por último, se observaron numerosos insectos, especialmente del orden díptera e himenóptera, asociado a la proliferación de flores herbáceas, propios de la época de primavera.

1.3 Infraestructura Agrícola y Uso del Suelo

1.3.1 Antecedentes Agronómicos

De acuerdo a la información recopilada en la Junta de Vigilancia de la Primera Sección del Río Claro de Rengo la distribución de los predios se presenta en el siguiente cuadro:

Estratos	Tamaño	Nº de predios	%
Pequeños	0-5 Ha	877	77,8%
Medianos	5 - 50 Ha	211	22,1%
Grandes	> 50 Ha	39	4,3%

El principal rubro de cultivo en la zona son los cultivos permanentes, destacando los manzanos, las vides y los almendros.

Rubro	Porcentaje
Cultivos Anuales	31,7%
Cultivos permanentes	48,7%
Praderas	6,4%
Hortalizas	6,2%
Otros	7,1%

1.3.2 Infraestructura de Riego

Como se indicó anteriormente, el río Claro de Rengo se encuentra dividido en dos secciones. La primera, comprende desde el embalse Laguna Los Cristales hasta el puente La Chimba y con un total de 5.975 acciones que prácticamente le permiten secar al río en condiciones extremas. La segunda incluye el tramo comprendido entre puente La Chimba y la confluencia con el río Cachapoal.

En la zona en estudio, los recursos son captados desde el río Claro, existiendo con este objetivo 10 bocatomas emplazadas en el cauce, las canales alimentan a igual número de canales matrices. De ellos nacen algunas derivaciones conformando una red total de 22 canales, con una extensión aproximada de 200 km . Estos canales, en general no presentan revestimientos ni obras de protección y de encauzamiento en el sector de las captaciones, de manera tal que presentan importantes pérdidas.

Las únicas obras destinadas a regular y almacenar recursos hídricos, corresponden al embalse "Laguna Los Cristales" y al tranque "Cerrillos". La primera presenta una capacidad de 8 a 8,5 millones m³, se ubica en la cabecera de la cuenca y regula una escasa hoya aportante. La segunda, de construcción reciente, presenta una escasa capacidad de regulación (12.000 m³) y es alimentada por un canal derivado desde el sistema del río Claro.

Adicionalmente, y con el objetivo de suplementar el riego superficial, en la zona existen 20 pozos profundos de uso comunitario, los que se ubican principalmente hacia el oriente y sur oriente de la ciudad de Rengo.

1.4 Caracterización hidrogeológica general de la zona

La zona de río Claro de Rengo se ubica dentro de la denominada subcuenca del río Claro, afluente del río Rapel, inmediatamente al norte y al oriente de Rengo

En su recorrido de oriente a poniente, el río Claro ha desarrollado un valle que nace bastante encajonado y profundo entre los cerros, hasta que desemboca en una extensa planicie, donde disminuye su pendiente.

En la zona alta, en la que el valle se mantiene encajonado, los sedimentos que conforman el relleno de este valle son de tipo fluvial y fluvioglacial, alternándose estratos finos de alto contenido de arcilla con otros de bolones, arenas y ripios de alta permeabilidad. El sondaje B-24, que se ubica más al oriente, a la altura de la localidad de Popeta, presenta las siguientes características estratigráficas: en los primeros 20 m de profundidad, se presentan acuíferos compuestos por bolones, gravas, gravillas, arcilla y arena, mientras que a profundidades mayores se observa un acentuado contenido de arcilla hasta por lo menos 140 m de profundidad. La roca basal se ubicaría supuestamente a unos 200 m de profundidad en el centro del valle y a menor profundidad en las proximidades de los cerros cordilleranos.

Hacia aguas abajo, donde el valle desemboca en la planicie central, el relleno presenta estratificaciones de capas permeables con materiales finos, principalmente arcillas. Respecto a los acuíferos, estos están compuestos principalmente por arenas y gravas. Aquellos sondajes ubicados más próximos a los cerros que conforman el contacto oriental con las formaciones rocosas, presentan un alto contenido arcilloso en sus estratos más profundos. La roca fundamental no ha sido detectada en los sondajes, que llegan incluso hasta 140 m de profundidad.

Los niveles estáticos se ubican a profundidades que fluctúan entre 3 y 10 m en los pozos ubicados en la parte alta y en la zona más próxima al río Claro, manteniendo un perfil freático similar al del terreno. Hacia el poniente esta profundidad va

disminuyendo hasta observarse afloramientos de vertientes y una notoria recuperación del río.

En la zona ubicada inmediatamente al oriente de Rengo, se observa un descenso local de los niveles piezométricos, probablemente ocasionados por la extracción de agua subterránea de muchos pozos actualmente operativos en ese sector.

Los sondajes perforados en la zona en estudio han producido caudales que varían entre 1 y 80 l/s en sus pruebas de bombeo, aunque la mayoría se ubica en el rango de 10 a 20 l/s. Sin embargo, este dato no necesariamente representa la capacidad máxima de extracción en cada uno, ya que el caudal bombeado depende también, además de las características propias del pozo, del objetivo con que éste se perforó.

Si se analizan los sondajes de acuerdo a sus rendimientos, se observa claramente que los sondajes ubicados al oriente de Rengo presentan rendimientos superiores a 1 l/s/m (medios), llegando incluso hasta a 5 l/s/m (altos). Al norte del río Claro, sin embargo, se obtuvo pozos con rendimientos inferiores a 0,6 l/s/m, considerados bajos. Hacia el oriente, subiendo por el valle, se ha obtenido rendimientos menores a 0,2 l/s/m.

1.5 Fuentes de recarga

El sistema acuífero de la zona presentaría tres fuentes posibles de recarga: la lluvia, infiltración desde ríos y desde canales, y percolación desde sectores de riego.

La fuente principal de recarga es la lluvia, presentándose dos situaciones distintas según sea el sector en que la precipitación ocurre.

En primer término, aquella precipitación que se produce sobre laderas de cerros, escurre superficialmente por ellas, formando los cursos de agua existentes en la zona. Una fracción de este volumen de agua se infiltra hacia la napa, principalmente en los sectores del contacto valle - cerro, en que existen estratos de escombreras de faldas que permiten, por su alta permeabilidad, la conexión entre este escurrimiento superficial y los rellenos que conforman el sistema acuífero.

Por otra parte, también se produce precipitación pluvial en el valle mismo, la que presenta un mecanismo de escurrimiento diferente. En este caso, parte infiltra directamente en el terreno, pero en forma mayoritaria se genera un escurrimiento hacia el lecho del río y los esteros, desde donde se origina infiltración hacia el acuífero. En la medida que el río avanza hacia el poniente, el nivel freático se ubica a menor profundidad, invirtiéndose el proceso, ya que se originan afloramientos desde la napa hacia el lecho del río, o a través de vertientes. En estas condiciones, en estas zonas ubicadas hacia el poniente no se produce recarga superficial de la napa.

1.6 Situación General de Derechos de Agua

1.6.1 La Junta de Vigilancia del Río Claro de Rengo, Primera Sección

La constitución de la Junta de Vigilancia del Río Claro de Rengo, Primera Sección, fue aprobada por Decreto Supremo Nº 464, de 10 de Marzo de 1953 del Ministerio de Obras Públicas y Vías de Comunicación, y sus Estatutos constan en escritura pública otorgada con fecha 3 de Junio de 1952, ante el Notario de Caupolicán-Rengo don Francisco Letelier Mesa, la que rola a fojas 190 número 134, del Registro de Instrumentos Públicos correspondiente al año 1953. Se encuentra anotada en el Registro de Juntas de Vigilancia de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 24.

Con posterioridad, mediante Decreto Supremo Nº 196, de 15 de Junio de 1984, del Ministerio de Obras Públicas, se aprobó una reforma de los Estatutos, acordada en Junta General Extraordinaria de fecha 9 de Abril de 1983, reducida a escritura pública ante el Notario de Rengo don Carlos Fernández Richard, con fecha 11 de Abril del mismo año.

De conformidad con sus Estatutos los recursos que administra la Junta de Vigilancia, se encuentran divididos en 5.975 partes o acciones, que se distribuían, originalmente, entre 23 canales, la mayoría de los cuales cuentan, a su vez, con una organización formal, de aquellas establecidas por el Código de Aguas, esto es, Asociaciones de Canalistas o Comunidades de Aguas, o funcionan en base a una organización de hecho. En algunos casos, por tratarse de canales pertenecientes a un solo regante o accionista, no es factible la existencia de una organización de usuarios.

La Junta de Vigilancia funciona en la ciudad de Rengo, su sede está ubicada en calle Francisco Ruiz Nº 805, Villa Los Cristales y el Presidente del Directorio, constituido por siete miembros, es don Alvaro Paredes Legrand.

La Junta de Vigilancia está formada actualmente por 24 canales; y ello por cuanto en la década del 60 se formó el canal Molino Chico, que se escindió del canal Chanqueahue y Cerrillos; también se originó el canal Agua Potable de Rengo, derivado del canal Población y Municipalidad y desapareció el canal San Judas Grande, absorbido por el canal Lorenzoni.

La mayoría de estos canales captan las aguas directamente del Río Claro y algunos de ellos cuentan con bocatomas unificadas.

Los canales que captan las aguas directamente del Río son los siguientes: Las Islas, Popeta, Molinana, Talhuén, Bisquertt, El Rincón, Mira, Peñón y Pedregal; teniendo bocatomas unificadas los siguientes canales: Chanqueahue Unido, (que lo conforman los canales Ramirano, Molino, Molino Chico, Chanqueahue Cerrillos y

Córdova); Población Unido (integrado por los canales Población y Municipalidad, Santa Margarita, Lorenzoni, Urbina, Saavedra y Agua Potable) y Pretil Unido (conformado por los canales El Pretil, Lo de Lobo, Mendoza y San Judas).

La situación de los canales en cuanto a número de acciones, inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas del Conservador de Bienes Raíces de Rengo y en el Registro de Organizaciones de Usuarios de la Dirección General de Aguas correspondiente, es la siguiente:

- 1. Canal Talhuén: 4,00 acciones, tiene un accionista.
- 2. Canal Las Islas: 26,00 acciones, tiene un accionista.
- 3. Canal Popeta: 784,00 acciones, Comunidad de hecho inscrita a fojas 6 vta. Nº 4, del año 1962.
- 4. Canal Molinana: 81,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 216 Nº 231, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 649..
- 5. Canal Bisquertt: 150,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 81 Nº 44, del año 1956. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 710
- 6. Canal El Rincón: 153,10 acciones, tiene un accionista.
- 7. Canal Mira: 30,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 257 Nº 248, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 715
- 8. Canal Chanqueahue Cerrillos: 555,10 acciones, Asociación de Canalistas inscrita a fojas 59 Nº 35, del año 1953. Anotada en el Registro de Asociaciones de Canalistas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 57.
- 9. Canal Molino: 288,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 16 vta. Nº 26, del año 1999. Anotado en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 2.892.
- Canal Ramirano: 645,90 acciones, Asociación de Canalistas inscrita a fojas 91 Nº 44, del año 1947. No registra anotación en el Registro correspondiente de la Dirección General de Aquas.
- 11. Canal Molino Chico: 71,90 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 259 vta. Nº 249, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 716.

- 12. Canal Córdova: 30,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 178 Nº 196, del año 1989. Anotada en el Registro de Organizaciones de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 641.
- 13. Canal El Peñón: 763,00 acciones, Comunidad de hecho inscrita a fojas 70 № 35, del año 1957.
- 14. Canal El Pedregal: 150,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 585 vta. Nº 1.008, del año 1988. Anotada en el Registro de Organizaciones de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 519.
- 15. Canal Población y Municipal: 1.082,70 acciones, Comunidad de hecho inscrita a fojas 4 Nº 5, del año 1956.
- 16. Canal Agua Potable de Rengo: 158,40 acciones, registra la misma inscripción que el anterior, ya que forma parte de él.
- 17. Canal Lorenzoni: 146,65 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 180 Nº 197, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 642.
- 18. Canal Santa Margarita: 215,25 acciones, Comunidad de Aguas inscrita fojas 8 Nº 7, del año 1962. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 2918.
- 19. Canal Urbina: 40,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 213 № 230, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el № 648.
- 20. Canal Saavedra: 30,00 acciones, Comunidad de hecho inscrita a fojas 85 № 45, del año 1957.
- 21. Canal Lo de Lobo: 240,00 acciones, Asociación de Canalistas inscrita a fojas 82 Nº 142, del año 1993. Anotada en el Registro de Asociaciones de Canalistas bajo el Nº 018.
- 22. Canal Mendoza: 160,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 211 Nº 229, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Agua de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 647.
- 23. Canal El Pretil: 150,00 acciones, Comunidad de Aguas inscrita a fojas 247 vta. Nº 245, del año 1989. Anotada en el Registro de Comunidades de Aguas de la Dirección General de Aguas bajo el Nº 711.

24. Canal San Judas: 20,00 acciones, tiene un accionista.

En cada Organización de Usuarios los derechos de agua de cada accionista, se encuentran expresados en acciones, de acuerdo a lo que establecen los estatutos respectivos, y, en general, corresponden a la superficie regada del predio de que se era titular a la fecha de su formación.

De acuerdo a informaciones obtenidas en la Dirección General de Aguas de la Sexta Región, con sede en la ciudad de Rancagua, fuera de los derechos constituidos en la Junta de Vigilancia aludida, no se han otorgado derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, ya sean éstos permanentes o eventuales.

Por último, en cuanto la posibilidad de solicitar de la Dirección General de Aguas la constitución de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales de ejercicio eventual en el Río Claro o en sus afluentes, para los efectos del Proyecto de un embalse en el Río Claro, debe señalarse que ENDESA ha formulado, invariablemente, oposiciones respecto de las peticiones de derechos de aprovechamiento de aguas superficiales, permanentes o eventuales, que se han formulado, en el último tiempo, sobre aguas de cualquier cauce natural que constituya la hoya hidrográfica del Río Rapel, del cual es afluente el Río Cachapoal, y al cual vierte sus aguas el Río Claro.

2. ALTERNATIVAS DE EMBALSES

2.1 Identificación de Alternativas

El estudio EMBALSE PARA EL RIEGO DEL RÍO CLARO DE RENGO, 1ª SECCIÓN, DOH 2000 identificó tres alternativas técnica y económicamente factibles de construir en la zona de estudio:

- Bollenar
- Frangollo
- Piedra Lisa

Alternativa de Embalse Bollenar

El sitio se localiza en el eje del valle del río Claro en una angostura de roca volcánica de características duras, bajo grado de fracturamiento así como bajo grado de descomposición. Se acompaña bosquejo geológico a través del eventual eje de muro.

La ladera derecha presenta una escasa cobertura de material de escombro de falda no superior a 1.0 m de potencia. Luego viene un nivel aterrazado con material fluvial de hasta 2 m de potencia. La terraza ha sido labrada principalmente en roca.

El cauce del río se encuentra hacia la izquierda y tanto él como toda la ladera izquierda se encuentran en roca dura, fresca.

Se aprecia un sistema de cizalle de dirección N 45° W/70° SW de unos 2 metros de espesor que atraviesa el valle de lado a lado, indicando que su eje no corresponde a una discontinuidad. Los estratos de roca tienen dirección aproximada N 20° E/20° E.

Las obras anexas tales como túnel de desvío y vertedero no presentarían problemas de ubicación ni fundación. Se estima que el túnel de desviación puede fundarse en la ribera derecha y el vertedero en la ribera izquierda.

Alternativa de Embalse Frangollo

Se localiza sobre el eje del río Claro en una zona donde aparecen niveles fluviales aterrazados antiguos a ambos lados del río, siendo la terraza derecha más baja y excavada en roca. La caja central corresponde a un nivel de inundación compuesto de gravas y bloques en matriz arenosa. Se estima que el espesor de los sedimentos en la parte central del valle puede llegar a 10 – 15 m.

En ambas laderas hay rocas volcánicas estratificadas NS/25° W; en la ladera izquierda existe una cubierta delgada de escombro de falda grueso. Se acompaña un corte geológico esquemático por el eje de la presa.

Alternativa de Embalse Piedra Lisa

Corresponde a un sitio localizado en la parte media del sector estudiado, aproximadamente unos 400 m más aguas arriba de una antigua central hidroeléctrica ubicada en el curso del río Claro. Se adjunta un esquema geológico de un corte a través del valle en este sector.

La ladera ancha o ladera norte presenta roca volcánica cubierta con una delgada capa de sedimentos gravitacionales. Esta roca se ve fresca, fracturada. Luego en la caja del río aparecen terrazas fluviales adosadas a la ladera derecha con espesores de 5 a 20 m. En estas terrazas se aprecian promontorios rocosos, lo cual indica que el perfil basal es irregular y que puede presentar paleocauces labrados en roca que generen vías de filtraciones.

El río Claro corre actualmente pegado a la ladera izquierda en un curso rocoso que corresponde a un cañadón de paredes verticales de unos 10 m de altura. Esta situación puede repetirse hacia el centro del valle y correspondería a los paleocauces sugeridos anteriormente.

En la ladera izquierda se aprecia un remanente de terraza fluvial antigua. Luego la ladera se desarrolla en roca volcánica alterada, fracturada, con una cubierta de escombro de falda que en sectores puede alcanzar a 5 m de espesor.

2.2 Diseño Conceptual de las Alternativas Propuestas

Tanto en el diseño de las obras asociadas a cada embalse, como en su ubicación, se ha considerado por un lado los aspectos hidrológicos, sedimentológicos, geológicos, geotécnicos y legales; y por otro lado otros factores provenientes juicio de experto.

En relación a lo anterior, se debe hacer notar que, de acuerdo al análisis de demandas y disponibilidades se adoptó como condición de diseño un embalse de 30.000.000 m³ de capacidad. Por otro lado, cabe señalar que en el dimensionamiento de las obras se ha tenido en cuenta como referencia obras diseñadas para embalses de características similares, existentes o en construcción (ejemplo: embalses Puclaro y

Santa Juana) y se adoptó una presa de gravas con pantalla impermeable en la cara de aguas arriba (CFGD).

Muro de Embalse

Esta presa consiste en un muro de material drenante, compuesto por rocas y/o gravas bien graduadas, al cual se le agrega una pantalla de hormigón impermeable en el talud de aguas arriba, de manera de garantizar la estanqueidad del muro.

En el plano de contacto entre la losa de hormigón impermeable y el cuerpo de la presa, se dispone una capa de roca o de grava compactada, con el objetivo de transmitir los esfuerzos producidas por el agua del embalse en forma uniforme al rockfill. Además, en el entorno de la presa esta cara de aguas arriba, se dispone una estructura denominada Plinto, el cual permite fundar esta pantalla.

Esta presa se apoya sobre la roca, en la cual se efectúan inyecciones de lechada de cemento, a objeto de evitar filtraciones a través de las posibles grietas que el basamento rocoso pudiera presentar.

Por otro lado, con el objetivo de minimizar el volumen de relleno de la presa, se consideró la construcción de un parapeto en la cara de aguas arriba del embalse, el que por consideraciones técnico – económicas, se adoptó de 5,0 m de altura, sobresaliendo 1,5 m sobre el coronamiento del muro de tierra.

A continuación en la Tabla 1, se presenta un resumen con los volúmenes de materiales de relleno y altura máxima que se requeriría para efectos de la construcción del muro, considerando las distintas alternativas evaluadas, junto con otras dimensiones importantes.

TABLA 1
DIMENSIONES PRINCIPALES MURO DE EMBALSE

Embalse	Volumen Relleno (millones m³)	Altura Máxima (m)	Longitud Muro (m)	
Bollenar	2,88	93,54	441	
Piedra Lisa	3,22	83,20	531	
Frangollo	2,85	75,77	487	

Se debe hacer notar que el volumen útil corresponde al volumen total embalsado, descontando a la altura del muro la revancha y la altura de agua sobre el vertedero. Se suma a lo anterior el volumen muerto requerido para retener los sedimentos que quedan atrapados por la cubeta del embalse durante la vida útil del mismo.

Obra de Evacuación de Crecidas

Dadas las características de los lugares seleccionados, en todos los casos se ha contemplado la materialización de un vertedero lateral, seguido de un rápido de descarga y una obra disipadora de energía tipo salto de esquí.

Para el caso del vertedero lateral, se adoptó un perfil normalizado tipo U.S.B.R., el cual descarga hacia un canal colector de sección trapecial de ancho variable, que se conecta con el rápido de descarga a través de una transición alabeada (trapecial – rectangular). Al término de ésta, se ha considerado la materialización de una grada de control, de manera de garantizar un escurrimiento tranquilo (de río) en el canal colector.

El rápido de descarga consiste en un canal de paredes verticales, en el cual se desarrolla un escurrimiento en condiciones de pendiente fuerte (torrente). Dicho canal se conecta con la obra disipadora de energía, la cual devuelve el agua hacia el río.

Para dichos efectos se adoptó como obra tipo un "salto de esquí", el cual aprovecha el impacto del chorro de agua sobre el lecho del río para efectos de disipar energía.

Los diseños de estas obras se realizaron considerando la crecida de período de retorno T=1000 años, cuyo caudal máximo instantáneo se indica en la Tabla 2. Por otro lado, las dimensiones adoptadas se obtuvieron luego de un análisis económico, considerando distintos anchos basales de canal, variando en el rango de 15 m a 22,5 m, por consideraciones técnicamente factibles.

TABLA 2
CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO DE LA CRECIDA DE DISEÑO (T=1000 años)

Embalse	Caudal de Diseño (m³/s)
Bollenar	876
Piedra Lisa	990
Frangollo	1.045

En las Tablas 3, 4 y 5 se presentan las principales dimensiones adoptadas para el vertedero lateral, el rápido de descarga y el salto de esquí, respectivamente.

TABLA 3
DIMENSIONES PRINCIPALES VERTEDERO LATERAL

Embalse	Ancho Canal (m)		Largo i		Carga Máxima	Máxima P	Altura	Altura Canal (m)	
	Inicio	Final	(m)	(o/1)	(m)	(m)	Inicio	Final	
Bollenar	10	17,5	101	0,060	2,5	2,5	10,0	15,6	
Piedra Lisa	10	17,5	113	0,060	2,5	2,5	9,8	17,6	
Frangollo	10	17,5	119	0,055	2,5	2,5	10,1	17,3	

TABLA 4
DIMENSIONES PRINCIPALES RÁPIDO DE DESCARGA

Embalas	Ancho Canal	LongitudCanal	Altura Par	Pendiente	
Embalse	(m)	(m)	Inicio	Final	(o/1)
Bollenar	17,5	110	7,7	4,0	0,313
Piedra Lisa	17,5	221,5	8,3	4,4	0,287-0,205
Frangollo	17,5	223,5	8,5	4,4	0,057-0,305

TABLA 5
DIMENSIONES PRINCIPALES SALTO DE ESQUÍ

Embalse	α	β	R	Longitud	Altur	as (m)
Ellipaise	(°)	(°)	(m)	(m)	Р	S
Bollenar	17,4	30	20	16,5	1,5	3,6
Piedra Lisa	11,6	30	21	15,2	1,5	3,4
Frangollo	17,0	30	22	17,9	1,5	3,9

Ataguía de Desvío

Consiste en un muro construido con material fluvial obtenido del lecho del río, el cual se dispone transversalmente en el cauce, de manera de desviarlo hacia el túnel de desvío y de esta forma permitir la construcción del muro del embalse. Para efectos de evitar la destrucción de esta obra en el caso de eventuales crecidas, se contempla además la protección de la cara expuesta al escurrimiento, mediante la disposición de dos capas de enrocados de un peso mínimo de 500 kg (0,6 m de diámetro nominal, aproximadamente).

Para el diseño de esta obra, así como también del túnel de desvío, el caudal

peak considerado, está asociado a la crecida de hasta 20 años de período de retorno (ver Tabla 6).

En la Tabla 7 se presenta un resumen con las principales dimensiones de esta obra, en cada una de las alternativas evaluadas.

TABLA 6
CAUDALES DE DISEÑO OBRAS DE DESVIO (T=20 años)

Embalse	Caudal de Diseño (m³/s)
Bollenar	285
Piedra Lisa	320
Frangollo	339

TABLA 7
DIMENSIONES PRINCIPALES ATAGUÍA DE DESVÍO

Embalse	Longitud (m)	Altura Máxima (m)
Bollenar	158	11,4
Piedra Lisa	214	12,9
Frangollo	276	12,0

Túnel de Desvío

Se consideran dos tramos, el primero revestido completamente en hormigón y el segundo, revestido en hormigón proyectado. Para efectos constructivos y de diseño, se ha adoptado una sección de medio punto.

El túnel opera en conjunto con la ataguía de desvío, requiriendo además de un encauzamiento del río, de manera de conducir el flujo hacia la entrada de esta obra.

En la Tabla 8 se presentan las principales dimensiones de la obra, para las distintas alternativas evaluadas.

Se debe hacer notar, que como parte del diseño, en el caso del 2º tramo, se evaluaron tres alternativas consistentes en revestimiento en hormigón, hormigón proyectado y sin revestir, adoptando la alternativa más económica (hormigón proyectado). En el caso del primer tramo, sólo se consideró hormigón estructural, dado

que este será empleado como parte de la obra de captación, conduciendo agua en presión durante la operación del embalse.

TABLA 8
DIMENSIONES PRINCIPALES TÚNEL DE DESVÍO

	Ancho	ancho Alto Radio		Trar	no 1	Tramo 2	
Embalse	(m)	(m)	(m)	Longitud	i (o/1)	Longitud	i (o/1)
Bollenar	6,5	7,8	3,25	137,7	0,0052	230,0	0,0085
Piedra Lisa	6,9	8,3	3,45	184,4	0,0048	226,1	0,0079
Frangollo	7,1	8,5	3,55	137,2	0,0046	227,4	0,0076

Una vez que esta obra deje de operar, luego de la construcción de la presa, se utilizará como parte de la obra de entrega, de manera que se dispondrá de un sistema de compuertas en la boca de entrada.

Obra de Entrega

La obra de entrega se diseñó para un caudal máximo de 12 m³/s, el cual fue determinado preliminarmente, teniendo en consideración los siguientes aspectos:

- Se considera un caudal de entrega 11 m³/s, con el cual es posible regar una superficie de 8.500 hás, con las tasas y demandas actuales.
- Se considera, además, que dicho caudal podría permitir extender la superficie bajo riego, a 12.000 hás potenciales, en el caso que se modifiquen las demandas de agua, producto de la incorporación de riego tecnificado en los nuevos sectores de cultivo.
- En todo momento se dejará pasar un caudal ecológico, el que a lo menos corresponderá a 1 m³/s.

Con respecto a las características de la obra de entrega, ésta constará de una tubería principal, la que se dividirá en dos entregas de diámetro menor. En cada una de estas tuberías menores, se contempla la instalación de una válvula de compuerta para permitir la detención total del flujo, más una válvula de chorro hueco cónico (tipo Howel – Bunger), para efectuar las entregas de riego.

Dichas tuberías, para este caso de los embalses ubicados en el cauce del río, se dispondrán en el túnel de desvío, de manera de aprovechar esta obra durante el proceso de operación del embalse. En estos casos se agregará al túnel un sistema de

compuertas más una chimenea de captación. Estas compuertas se ubicarán a la entrada del túnel, y al inicio del tramo 2, que coincide con el inicio de la tubería de entrega.

En la Tabla 9 se presentan las principales dimensiones de esta obra.

TABLA 9
DIMENSIONES PRINCIPALES OBRA DE ENTREGA

	Diámetro T	uberías (m)	Longitud	Chimenea d	e Captación
Embalse	Principal	Derivadas	Longitud (m)	Diámetro (m)	Altura (m)
Bollenar	1,2	0,8	227	4,0	39,9
Piedra Lisa	1,2	0,9	226	4,0	28,3
Frangollo	1,2	0,8	230	4,0	27,1

3. PRESUPUESTO DE LAS ALTERNATIVAS

3.1 Costos Directos

Utilizando precios unitarios adoptados a partir de antecedentes obtenidos de los presupuestos detallados de diferentes embalses que se encuentren en etapas más avanzadas de estudio, o hayan sido construidos recientemente como los embalses Puclaro, Chacrillas, Minillas, Santa Juana y Convento Viejo, se obtuvo los costos directos de las diferentes partidas consideradas.

Además, se agregó un 7% por concepto de estudios de ingeniería e inspección técnica de las obras.

Los precios unitarios corresponden a los costos directos de cada ítem, sin IVA, y no consideran gastos generales ni utilidades (GG+U), por lo que una vez obtenido el costo total de inversiones de cada alternativa, se agregó un 40% por dicho concepto.

Finalmente, se consideró el ítem Imprevistos, estimado en un 25% del costo total de inversión de cada alternativa.

A continuación se presenta la estructura general de presupuesto determinado en cada caso, incluyendo todas las partidas principales consideradas.

PARTIDAS PRINCIPALES DE LOS PRESUPUESTOS

ITEM	REFERENCIA
А	Instalación de Faenas
В	Obras de Desvío y Entrega a Riego
С	Presa
D.1	Vertedero
D.2	Rápido de Descarga
Е	Restitución de Caminos
F	Restitución de Tendido Eléctrico Sencillo
G	Restitución de Torres de Alta Tensión
Н	Construcción de Canales
1	Expropiaciones
J	Varios
Subtotal 1	Suma de los ítemes A; B; C; D; E; F; G; H; I
Ingeniería e Inspección (7%)	Gastos en Estudios de Ingeniería y en Inspección Técnica de las Obras, estimados en un 7% del Subtotal 1
Subtotal 2	Suma de Subtotal 1 más ítem Ingeniería e Inspección (7%)
GG + U (40%)	Gastos Generales y Utilidades: estimados como el 40% del Subtotal 2
Subtotal 3	Suma de Subtotal 2 más ítem GG + U (40%)
Imprevistos (25%)	Imprevistos: corresponde al 25% del Subtotal 3
TOTAL	Suma de Subtotal 3 más ítem Imprevistos (25%)

TABLA 15.1 COSTO TOTAL DE LAS OBRAS EMBALSE FRANGOLLO ENROCADO CON PANTALLA IMPERMEABLE EN LA CARA DE AGUAS ARRIBA

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
A	I	1		INSTALACIÓN DE FAENAS Instalación de faenas	GI	\$1,204,267,006	1	\$1,204,267,006
В				OBRAS DE DESVIO Y ENTREGA A RIEGO			SUB TOTAL (A)	\$1,204,267,006
В	I	1	1 2	Túnel : Excavaciones abiertas En material común En roca	m3 m3	\$1,403 \$4,957	1,820 4.246	\$2,553,460 \$21,047,422
		2	2	Excavaciones subterráneas	m3	\$20,014	22,342	\$447,152,788
		3	1 2 3 4	Sostenimientos Hormigón Proyectado (e=6cm) Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A63-42H	m2 m3 m3 ton	\$6,381 \$75,526 \$38,507 \$448,749	4,799 868 777 94	\$30,622,419 \$65,556,568 \$29,919,939 \$42,182,406
		4		Elementos Metálicos	GI	\$190,760,010	1 SUB TOTAL (B-I)	\$190,760,010 \$829,795,012
	II	1	1 2	Ataguía : Rellenos Relleno Fluvial Enrocado (1 Ton)	m3 m3	\$2,113 \$21,000	35,937 6,386 SUB TOTAL (B-II)	\$75,934,881 \$134,106,000 \$210,040,881
	Ш			Estructura de salida y entrega a riego	Gl	\$208,614,411	1	\$208,614,411
	IV			Otros (Sobre el subtotal)	GI	5%	SUB TOTAL SUB TOTAL (B)	\$1,248,450,304 \$62,422,515 \$1,310,872,819
С	I	1		PRESA Presa: Escarpes	m3	\$1,033	37,400	\$38,634,200
		2	1 2	Excavaciones abiertas Excavaciones en material común Excavaciones en roca	m3 m3	\$1,043 \$7,303	320,625 106,875	\$334,411,875 \$780,508,125
		3		Tratamiento superficie fundación	m2	\$342	74,800	\$25,581,600
		4		Inyecc impermeabilización y consolidación	m	\$50,834	9,503	\$483,075,502

CONTINUACIÓN TABLA 15.1

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
С				PRESA (Continuación)				
	I	5	1 2 3	Presa: Rellenos Finos (arena limosa) Material granular <=12" Gravas arenosas	m3 m3 m3	\$2,774 \$2,824 \$2,130	57,000 1,225,500 1,567,500	\$158,118,000 \$3,460,812,000 \$3,338,775,000
		6		Hormigones	m3	\$47,932	20,188	\$967,651,216
		7		Armaduras A63-42H	ton	\$448,749	1,344	\$603,118,656
		8		Juntas	m	\$45,423	10,094	\$458,499,762
		9		Elementos Metálicos	GI	\$31,016,713	1	\$31,016,713
							SUB TOTAL	\$10,680,202,649
		11		Otros (Sobre el subtotal)	GI	3%		\$320,406,079
							SUB TOTAL (C)	\$11,000,608,728
D				OBRAS DE EVACUACIÓN				
D	I	1	1 2	Vertedero : Excavaciones abiertas Material común Roca	m3 m3	\$1,284 \$4,181	22,277 89,108	\$28,603,668 \$372,560,548
		2	1 2 3 4 5	Sostenimientos Hormigón Proyectado (e=4cm) Malla de refuerzo 100x100x4 mm Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A44-28H	m2 m2 m3 m3 ton	\$5,645 \$3,382 \$66,438 \$41,295 \$448,994	2,673 2,673 2,357 82 141	\$15,089,085 \$9,040,086 \$156,594,366 \$3,386,190 \$63,308,154
		3		Elementos Metálicos	GI	\$76,306,593	1	\$76,306,593
							SUB TOTAL	\$724,888,690
		4		Otros (Sobre el subtotal)	GI	1%		\$7,248,887
							SUB TOTAL (D-I)	\$732,137,577

CONTINUACIÓN TABLA 15.1

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
D	п			Rapido de Descarga				
		1	1 2	Excavaciones abiertas Material común Roca	m3 m3	\$1,284 \$4,181	29,091 67,879	\$37,352,844 \$283,802,099
		2	1 2 3	Sostenimiento Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A44-28H	m3 m3 ton	\$66,438 \$41,295 \$448,994	3,701 228 222	\$245,887,038 \$9,415,260 \$99,676,668
							SUB TOTAL (D-II)	\$676,133,909
							SUB TOTAL (D)	\$1,408,271,486
E	I			RESTITUCION DE CAMINOS Restitución de caminos	m	\$200,000	6,700	\$1,340,000,000
							SUB TOTAL (E)	\$1,340,000,000
ı				EXPROPIACIONES				
	I	1		Terrenos Terrenos en cerros sin riego	Há	\$200,000	119	\$23,800,000
	п			Instalaciones Instalaciones central las nieves	GI	\$200,000,000	1	\$200,000,000
							SUB TOTAL (I)	\$223,800,000
J				VARIOS				
	I			Reposición estación Fluviométrica	m	\$10,000,000	1	\$10,000,000
							SUB TOTAL (J)	\$10,000,000
					SUB TOT	AL 1		\$16,497,820,040
					INGENIER	IA E INSPECCIÓN	(7%)	\$1,154,847,403
					SUB TOT		\$17,652,667,442	
					GASTOS	LIDADES (40%)	\$7,061,066,977	
					SUB TOTA	AL 3		\$24,713,734,419
					IMPREVIS	TOS (25%)		\$6,178,433,605
					TOTAL	\$30,892,168,024		

TABLA 15.2 COSTO TOTAL DE LAS OBRAS EMBALSE PIEDRA LISA ENROCADO CON PANTALLA IMPERMEABLE EN LA CARA DE AGUAS ARRIBA

Ą	Ą		EM			PRECIO		
PARTIDA	SUB- Partida	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
Α				INSTALACIÓN DE FAENAS				
``	I	1		Instalación de faenas	GI	\$1,204,267,006	1	\$1,204,267,006
							SUB TOTAL (A)	\$1,204,267,006
В				OBRAS DE DESVIO Y ENTREGA A RIEGO			,	. , , ,
	I			Túnel:				
		1		Excavaciones abiertas				
			1	En material común	m3	\$1,403	895	\$1,255,685
			2	En roca	m3	\$4,957	2,089	\$10,355,173
		2		Excavaciones subterráneas	m3	\$20,014	24,429	\$488,922,006
		3		Sostenimientos				
		J	1	Hormigón Proyectado (e=6cm)	m2	\$6,381	4,795	\$30,596,895
			2	Hormigón Estruct.	m3	\$75,526	1,134	\$85,646,484
			3	Radier	m3	\$38,507	866	\$33,347,062
			4	Armaduras calidad A63-42H	ton	\$448,749	112	\$50,259,888
			7	/ Imadards candad / 100 +211	ton	ψ++0,1+3	112	ψ00,200,000
		4		Elementos Metálicos	GI	\$190,760,010	1 SUB TOTAL (B-I)	\$190,760,010 \$891,143,203
	II			Ataguía :				
		1		Rellenos				
			1	Relleno Fluvial	m3	\$2,113	23,773	\$50,232,349
			2	Enrocado (1 Ton)	m3	\$21,000	5,301	\$111,321,000
							SUB TOTAL (B-II)	\$161,553,349
	Ш			Estructura de salida y entrega a riego	GI	\$208,614,411	1	\$208,614,411
							SUB TOTAL	\$1,261,310,963
	IV			Otros (Sobre el subtotal)	GI	5%		\$63,065,548
							SUB TOTAL (B)	\$1,324,376,511
С				PRESA				
	I			Presa:				
		1		Escarpes	m3	\$1,033	45,551	\$47,054,183
		2	l	Excavaciones abiertas				
			1	Excavaciones en material común	m3	\$1,043	289,800	\$302,261,400
			2	Excavaciones en roca	m3	\$7,303	96,600	\$705,469,800
		3		Tratamiento superficie fundación	m2	\$342	91,102	\$31,156,884
		4		Inyecc impermeabilización y consolidación	m	\$50,834	9,647	\$490,395,598

CONTINUACIÓN TABLA 15.2

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
_	ST	_	S					
С				PRESA (Continuación)				
	I	5	1 2 3	Presa: Rellenos Finos (arena limosa) Material granular <=12" Gravas arenosas	m3 m3 m3	\$3,076 \$3,126 \$2,432	64,400 1,384,600 1,771,000	\$198,094,400 \$4,328,259,600 \$4,307,072,000
		6		Hormigones	m3	\$47,932	24,233	\$1,161,536,156
		7		Armaduras A63-42H	ton	\$448,749	1,602	\$718,895,898
		8		Juntas	m	\$45,423	12,117	\$550,367,780
		9		Elementos Metálicos	GI	\$31,016,713	1	\$31,016,713
							SUB TOTAL	\$12,871,580,412
		11		Otros (Sobre el subtotal)	GI	3%		\$386,147,412
							SUB TOTAL (C)	\$13,257,727,824
D				OBRAS DE EVACUACIÓN				
D	I	1		Vertedero : Excavaciones abiertas				
			1 2	Material común Roca	m3 m3	\$1,284 \$4,181	19,902 79,610	\$25,554,168 \$332,849,410
		2	1 2 3 4 5	Sostenimientos Hormigón Proyectado (e=4cm) Malla de refuerzo 100x100x4 mm Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A44-28H	m2 m2 m3 m3 ton	\$5,645 \$3,382 \$66,438 \$41,295 \$448,994	2,388 2,388 2,215 78 133	\$13,480,260 \$8,076,216 \$147,160,170 \$3,221,010 \$59,716,202
		3		Elementos Metálicos	GI	\$76,306,593	1	\$76,306,593
							SUB TOTAL	\$666,364,029
		4		Otros (Sobre el subtotal)	GI	1%		\$6,663,640
							SUB TOTAL (D-I)	\$673,027,669

CONTINUACIÓN TABLA 15.2

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
D	п			Rapido de Descarga				
		1	1 2	Excavaciones abiertas Material común Roca	m3 m3	\$1,284 \$4,181	20,161 47,043	\$25,886,724 \$196,686,783
		2	1 2 3	Sostenimiento Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A44-28H	m3 m3 ton	\$66,438 \$41,295 \$448,994	3,562 224 214	\$236,652,156 \$9,250,080 \$96,084,716
							SUB TOTAL (D-II)	\$564,560,459
							SUB TOTAL (D)	\$1,237,588,128
E	I			RESTITUCION DE CAMINOS Restitución de caminos	m	\$200,000	6,000	\$1,200,000,000
							SUB TOTAL (E)	\$1,200,000,000
ı				EXPROPIACIONES				
	I	1		Terrenos Terrenos en cerros sin riego	Há	\$200,000	113	\$22,600,000
	II			Instalaciones				
-							SUB TOTAL (I)	\$22,600,000
J				VARIOS				
							SUB TOTAL (J)	
<u> </u>	1			·	SUB TOT	AL 1	(- /	\$18,246,559,469
					INGENIER	A E INSPECCIÓN (7%)	\$1,277,259,163
					SUB TOT		\$19,523,818,632	
					GASTOS (BENERALES Y UTI	LIDADES (40%)	\$7,809,527,453
					SUB TOTA	AL 3		\$27,333,346,085
					IMPREVIS	ΓOS (25%)		\$6,833,336,521
					TOTAL	EMBALSE PIEDRA	LISA	\$34,166,682,606

TABLA 15.3 COSTO TOTAL DE LAS OBRAS EMBALSE BOLLENAR ENROCADO CON PANTALLA IMPERMEABLE EN LA CARA DE AGUAS ARRIBA

PARTIDA	SUB- PARTIDA		SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
PAR	SUB. PAR	ITEM	SUB.	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	UNIDAD	UNITARIO	CANTIDAD	COSTO
Α				INSTALACIÓN DE FAENAS				
	I	1		Instalación de faenas	GI	\$1,204,267,006	1	\$1,204,267,006
							SUB TOTAL (A)	\$1,204,267,006
В				OBRAS DE DESVIO Y ENTREGA A RIEGO				
	I			Túnel :				
		1		Excavaciones abiertas				
			1	En material común	m3	\$1,403	1,560	\$2,188,680
			2	En roca	m3	\$4,957	3,640	\$18,043,480
		2		Excavaciones subterráneas	m3	\$20,014	19,068	\$381,626,952
		3		Sostenimientos				
		J	1	Hormigón Proyectado (e=6cm)	m2	\$6,381	4,443	\$28,350,783
			2	Hormigón Estruct.	m3	\$75,526	798	\$60,269,748
			3	Radier	m3	\$38,507	717	\$27,609,519
			4	Armaduras calidad A63-42H	ton	\$448,749	87	\$39,041,163
				7.111.000.000		ψ.1.6,7.1.6	0.	φοσ,σ , . σσ
		4		Elementos Metálicos	GI	\$190,760,010	1	\$190,760,010
							SUB TOTAL (B-I)	\$747,890,335
	II			Ataguía :				
		1		Rellenos				
			1	Relleno Fluvial	m3	\$2,113	14,482	\$30,600,466
			2	Enrocado (1 Ton)	m3	\$21,000	3,843	\$80,703,000
							SUB TOTAL (B-II)	\$111,303,466
	Ш			Estructura de salida y entrega a riego	GI	\$208,614,411	1	\$208,614,411
							SUB TOTAL	\$1,067,808,212
	IV			Otros (Sobre el subtotal)	GI	5%		\$53,390,411
							SUB TOTAL (B)	\$1,121,198,623
С				PRESA				
	I			Presa:				
		1		Escarpes	m3	\$1,033	41,682	\$43,057,506
		2		Excavaciones abiertas				
			1	Excavaciones en material común	m3	\$1,043	126,720	\$132,168,960
			2	Excavaciones en roca	m3	\$7,303	103,680	\$757,175,040
		3		Tratamiento superficie fundación	m2	\$342	83,365	\$28,510,830
		4		Inyecc impermeabilización y consolidación	m	\$50,834	8,285	\$421,159,690

CONTINUACIÓN TABLA 15.3

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
С				PRESA (Continuación)				
	I	5	1 2 3	Presa: Rellenos Finos (arena limosa) Material granular <=12" Gravas arenosas	m3 m3 m3	\$2,774 \$2,824 \$2,130	57,600 1,238,400 1,584,000	\$159,782,400 \$3,497,241,600 \$3,373,920,000
		6		Hormigones	m3	\$47,932	22,056	\$1,057,188,192
		7		Armaduras A63-42H	ton	\$448,749	1,472	\$660,558,528
		8		Juntas	m	\$45,423	11,028	\$500,924,844
		9		Elementos Metálicos	GI	\$31,016,713	1	\$31,016,713
							SUB TOTAL	\$10,662,704,303
		11		Otros (Sobre el subtotal)	GI	3%		\$319,881,129
							SUB TOTAL (C)	\$10,982,585,432
D				OBRAS DE EVACUACIÓN				
D	I	1	1 2	Vertedero : Excavaciones abiertas Material común Roca	m3 m3	\$1,284 \$4,181	17,090 68,359	\$21,943,560 \$285,808,979
		2	1 2 3 4 5	Sostenimientos Hormigón Proyectado (e=4cm) Malla de refuerzo 100x100x4 mm Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A44-28H	m2 m2 m3 m3 ton	\$5,645 \$3,382 \$66,438 \$41,295 \$448,994	2,051 2,051 1,946 69 117	\$11,577,895 \$6,936,482 \$129,288,348 \$2,849,355 \$52,532,298
		3		Elementos Metálicos	GI	\$76,306,593	1	\$76,306,593
							SUB TOTAL	\$587,243,510
		4		Otros (Sobre el subtotal)	GI	1%		\$5,872,435
							SUB TOTAL (D-I)	\$593,115,945

CONTINUACIÓN TABLA 15.3

PARTIDA	SUB- PARTIDA	ITEM	SUB-ITEM	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	соѕто
D	П			Rapido de Descarga				
		1	1 2	Excavaciones abiertas Material común Roca	m3 m3	\$1,284 \$4,181	13,063 30,480	\$16,772,892 \$127,436,880
		2	1 2 3	Sostenimiento Hormigón Estruct. Radier Armaduras calidad A44-28H	m3 m3 ton	\$66,438 \$41,295 \$448,994	2,338 120 140	\$155,332,044 \$4,955,400 \$62,859,160
							SUB TOTAL (D-II)	\$367,356,376
							SUB TOTAL (D)	\$960,472,321
E	I			RESTITUCION DE CAMINOS Restitución de caminos	m	\$200,000	8,600	\$1,720,000,000
							SUB TOTAL (E)	\$1,720,000,000
ı				EXPROPIACIONES				
	I	1		Terrenos Terrenos en cerros sin riego	Há	\$200,000	109	\$21,800,000
	П			Instalaciones				
							SUB TOTAL (I)	\$21,800,000
J	I			VARIOS				
							SUB TOTAL (J)	
				1	SUB TOTA	AL 1		\$16,010,323,382
					INGENIER	IA E INSPECCIÓN ((7%)	\$1,120,722,637
					SUB TOTA	AL 2		\$17,131,046,019
					GASTOS (GENERALES Y UTI	LIDADES (40%)	\$6,852,418,407
					SUB TOTA	AL 3		\$23,983,464,426
					IMPREVIS [*]	TOS (25%)		\$5,995,866,106
					TOTAL	EMBALSE BOLLE	NAR	\$29,979,330,532

RESUMEN DE COSTOS TOTALES DE INVERSIÓN

PARTIDA	COSTO TOTAL (millones de \$)					
	EMBALSE FRANGOLLO	EMBALSE PIEDRA LISA	EMBALSE BOLLENAR			
A. Instalación de Faenas	1.204	1.204	1.204			
B. Obras de Desvío y Entrega a Riego	1.311	1.324	1.121			
C. Presa	11.001	13.258	10.983			
D. Obras de Evacuación						
D.1 Vertedero	732	673	593			
D.2 Rápido de Descarga	676	565	367			
E. Restitución de Caminos	1.340	1.200	1.720			
F. Expropiaciones	224	23	22			
G. Varios	10	0	0			
Sub-Total Costos Directos	16.498	18.247	16.010			
Ingeniería e Inspección (7%)	1.155	1.277	1.121			
Gastos Generales y Utilidades (40%)	7.061	7.810	6.852			
Imprevistos (25%)	6.178	6.833	5.996			
Total (millones de \$)	30.892	34.167	29.979			
Costo Total (millones de US\$)*	58.4	64.6	56.7			
Costos Relativos	103	114	100			
Costos actualizados Agosto 2010	43157,029	47732,4125	41881,603			

Nota (*): Valor de cambio considerado: US\$1 = \$ 529

3.2 Costos Operación y Mantención de Obras Civiles

Para efectos de este perfil, se consideró el costo de las medidas ambientales como un porcentaje de la inversión en obras civiles, que corresponde a 2% anual.

3.3 Mejoramiento del actual sistema de canales de distribución

Para efecto de evaluación del proyecto, se ha considerado la necesidad de mejorar la actual red de canales primarios que permita distribuir los nuevos caudales con una alta eficiencia.

Se ha considerado el revestimiento con losetas de un total de 40 km de canal, a un valor unitario de \$3287 por loseta de 0.5 x0.5 m, da un valor total de \$1.577.760.000.

4. ESTUDIO AGRONÓMICO – SITUACIÓN CON PROYECTO

El presente capítulo contiene la evaluación agronómica de los beneficios a obtener con el proyecto.

El proyecto que se evalúa permite asegurar la disponibilidad de agua por la construcción del Embalse de 30 Hm3 y por tanto será factible aumentar la zona de riego hasta aproximadamente unas 930 ha.



Ärea de impacto del embalse

4.1 Antecedentes Generales

Los supuestos de desarrollo que estarán presentes en la determinación de la situación futura, con proyecto de riego, son los siguientes:

- a) No habrán cambios significativos en la estructura de las propiedades, según tamaño, durante el horizonte del proyecto. Tampoco habrá variaciones significativas en el nivel y relaciones de los precios agrícolas, definidos en la situación actual.
- b) Se asume que los caudales del río y, por ende, la disponibilidad para el riego futuro seguirá, durante el horizonte del proyecto, las mismas variaciones que han tenido históricamente en los últimos 30 años, con registros hidrológicos.
- c) La introducción de la fruticultura para la situación futura se hará en forma masiva e intensiva. Se realizará, preferentemente, en los predios de mayor tamaño porque, con su capacidad financiera y de gestión, podrán lograr la especialización productiva, niveles tecnológicos y economías de escala que se requieren en una economía de mercado, muy competitiva. Los predios medianos, se orientarán hacia la viticultura de riego y los frutales, y el estrato pequeños, mantendran su estructura e incorporando almendros.
- d) Las especies frutales a considerar serán aquellas que, además de adaptarse perfectamente a las condiciones climáticas del área, presentan adecuada rentabilidad ya sea por ser exportables o muy requeridos por la agroindustria, como son las vides y los almendros.
- e) El impacto del proyecto en los márgenes económicos se medirá a través de los mayores ingresos, por sobre los actuales, debido al cambio en el uso de la tierra y rentabilidad, lo que será posible con la construcción del embalse y obras anexas.
- f) Se ha considerado para la situación futura la utilización de riego tecnificado, con base en sistemas presurizados de alta frecuencia, como goteo y aspersión.
- g) El desarrollo agropecuario planteado debe sustentarse en el tiempo. Para ello, se debe asegurar que la incorporación de las nuevas superficies de frutales y cultivos anuales se realice en condiciones técnicas adecuadas. Ello será posible apenas las obras queden terminadas. Se ha considerado que las obras hidráulicas se realicen en el año 0, las nuevas plantaciones de frutales y el incremento de superficie de cultivos anuales, se deberán realizarse desde el año 1 para los predios grandes, desde el año 1 alcanzando su máximo el año 5 para los

predios medianos y desde el año 1 alcanzando su máximo el año 10 para los predios pequeños.

4.2 Uso del Suelo en la Situación con Proyecto

En cuadros siguientes se presenta el uso del suelo en la situación con proyecto:

Uso Futuro del suelo

Г		
Pequeño	Maiz	416,2
	Pradera	89,821
	Tomates	76,1
	Almendro	290,997
	Total	873,118
Mediano	Maiz	950,925
	Manzano	785,97
	Almendros	1171,46
	Vides	1055,19
	Total	3963,545
Grande	Manzano	1283,6
	Maiz	1142,8
	Vides	614,6
	Almendros	1368
	Total	4409

4.3 Márgenes agronómicos en la Situación con Proyecto

Sobre la base de los antecedentes entregados en los cuadros anteriores y en los márgenes obtenidos de fichas técnicas para cultivos en la región, que incluyen los beneficios por rubro y los costos de producción, se pudo confeccionar el flujo de caja.

En cuanto a los criterios utilizados para obtener los flujos de caja de la situación

con proyecto, se pueden indicar los siguientes:

4.3.1 Estructura de cultivos

Se potenciará el cultivo de Almendros y Vides, dada la potencialidad agroclimática de la zona y la rentabilidad de estos cultivos. Se mantendrán los cultivos existentes pero se disminuirá su superficie.

Las nuevas plantaciones se incorporarán de la siguiente forma:

Predios chicos (0-5 há): en 10 años
 Predios medianos (5 – 50 há): en 5 años
 Predios grandes (> 50 há): en 1 año

4.3.2 Ingresos y Costos directos

Los ingresos se calcularon considerando los estándares de cultivos actualizados a pesos de Agosto del 2010.

4.3.3 Costos indirectos

Otros costos que se deben considerar y que no forman parte de los estándares de producción de los cultivos son los costos indirectos, que son aquellos que no se pueden atribuir a un cultivo específico y se deben más bien al manejo general del predio. Se pueden esperar cambios muy significativos en los costos indirectos entre a situación actual y la futura en este aspecto.

Los costos indirectos de los predios tipo consideran como tales, los gastos en comunicaciones, transporte personal, impuestos, gastos de energía eléctrica y agua potable, gastos contables y de administración, arreglos de cercos, reparación de las construcciones, etc.

Para este análisis se consideró los costos indirectos como un porcentaje de los costos directos, equivalente al 6% de estos, para todos los tamaños de predio.

Los márgenes brutos, son los que se desprenden de los ingresos menos los costos directos de producción, menos los costos de transferencia tecnológica.

4.4 Criterios de Evaluación

El proyecto se evalúo con un horizonte de 30 años, bajo los siguientes criterios:

- Tasa de descuento social de 6% anual y constante en el período de evaluación.
- Las obras civiles se ejecutan en año cero.
- Los beneficios e inversiones intraprediales agronómicas se comienzan una vez que entre en funcionamiento las obras civiles. Lo anterior equivale al primer año de los flujos la evaluación.
- Los costos y beneficios agropecuarios están en precios sociales acorde a la normativa vigente de MIDEPLAN.

4.5 Resultados de Rentabilidad

La evaluación económica del proyecto, contenida en la planilla que se presenta en Anexo 3, entregó los siguientes resultados:

Indicadores Económicos del Proyecto

VAN s	93.209.702.537
TIR s	14,92%
IVAN s	2,150

Los resultados entregados por los indicadores VAN y TIR social implican que el proyecto es rentable en la situación base analizada a nivel de Perfil.

5. RECOMENDACIONES

- Los recursos hídricos del río serían suficientes para disponer de un embalse con capacidad de 30 Hm3.
- De acuerdo a los indicadores de rentabilidad, estimados a nivel de Perfil, estos son positivos, por lo cual es recomendable continuar con la etapa siguiente del proyecto, que corresponde a Prefactibilidad.
- Es necesario completar el análisis, con un mayor nivel de detalle en el estudio de prefactibilidad y además complementar con estudios geológicos, geotécnicos, hidrológicos e hidráulicos, con el fin de poder realizar diseños preliminares que permitan definir los costos con mayor precisión. Lo anterior sería complementado con estudios agroeconómicos que deberían precisar la superficie beneficiada por el proyecto, para determinar sus beneficios y evaluar su rentabilidad.
- Si bien el proyecto agronómico entrega indicadores económicos rentables, además se podría evaluar la posibilidad de hidrogeneración, en el embalse, que haría aún más atractivo el proyecto. Este análisis se debe realizar en la etapa de prefactibilidad del proyecto.