Comisión Nacional de Riego

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO DEL RIEGO DE LA CUENCA DEL RÍO TENO, REGIÓN DEL MAULE

INFORME FINAL

RESUMEN EJECUTIVO

SANTIAGO, MAYO DE 2014

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD MEJORAMIENTO DEL RIEGO DE LA CUENCA DEL RÍO TENO, REGIÓN DEL MAULE

INFORME FINAL

RESUMEN EJECUTIVO

Estudio Elaborado por:

TECNICA Y PROYECTOS S.A. - AGENCIA EN CHILE
Dirección: Av. Don Carlos 2939 Oficina 904, LAS CONDES - SANTIAGO
Fono: +56 02 23352289
www.grupotypsa.cl

SANTIAGO, MAYO DE 2014

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 1
   1.1. ANTECEDENTES 1
   1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO 1
2. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS 2
   2.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES EMPLAZAMIENTOS 2
   2.2. SELECCIÓN DE SOLUCIONES A DESARROLLAR 3
3. TRABAJOS DE TERRENO 4
   3.1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA 4
   3.2. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS 4
   3.3. ENCUESTAS AGROPECUARIAS 4
   3.4. TRABAJOS AMBIENTALES DE TERRENO 4
4. ESTUDIOS BÁSICOS 5
   4.1. ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS 5
      4.1.1. El Ciprés 5
      4.1.2. Caracterización de las zonas de los embalses seleccionados 5
      4.1.3. Riesgos geológicos 7
      4.1.4. Disponibilidad de materiales 7
   4.2. ESTUDIO SÍSMICO 7
   4.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS 7
      4.3.1. Recursos hídricos 7
      4.3.2. Cálculo de crecidas 8
      4.3.3. Estudio sedimentológico 8
   4.4. DERECHOS DE AGUAS 9
   4.5. ESTUDIOS AGRONÓMICOS 10
      4.5.1. Objetivos y alcances generales 10
      4.5.2. Caracterización agroclimática y agrológica de los suelos 11
      4.5.3. Calidad del agua de riego 11
      4.5.4. Infraestructura de riego 11
      4.5.5. Situación actual agropecuaria 12
      4.5.6. Situación sin proyecto 12
      4.5.7. Situación con proyecto. Programa de transferencia tecnológica 12
      4.5.8. Demanda de agua 15
      4.5.9. Beneficios agrícolas netos del proyecto 16
5. ESCENARIOS Y MODELO DE REGULACIÓN 19
   5.1. ESCENARIOS DE RIEGO 19
   5.2. MODELO DE REGULACIÓN 20
6. DISEÑO DE LAS OBRAS 20

6.1. MURO DE PRESA 20
6.2. EVACUADOR DE CRECIDAS 21
6.3. OBRAS DE DESVÍO DEL RÍO. TOMA Y DESAGÜE DE FONDO 21
6.4. OBRAS COMPLEMENTARIAS 22
6.4.1. Variantes de interferencia 22
6.4.2. Mejora de las infraestructuras de riego 22
6.4.3. Sistema remoto de aforo de caudales 22
6.5. POSIBLE CENTRAL HIDROELÉTRICA 23
7. ESTUDIO DE TENENCIA DE LA TIERRA 23
8. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL 23
9. ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA 25
10. ASESORÍA LEGAL Y TÉCNICA SOBRE DERECHOS DE AGUA 25
11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA 26
11.1. COSTES 26
11.1.1. Coste inicial del proyecto 26
11.1.2. Costes de operación y mantención 27
11.1.3. Coste de la central hidroeléctrica 28
11.2. BENEFICIOS 29
11.2.1. Beneficios derivados del riego 29
11.2.2. Beneficio asociado al Valor Incremental de la Tierra 36
11.2.3. Beneficio asociado a las transacciones de los derechos de aguas 36
11.2.4. Beneficio asociado a la generación hidroeléctrica 36
11.2.5. Beneficio asociado al control de crecidas 37
11.2.6. Beneficios por turismo 37
11.2.7. Beneficio asociado al agua potable 38
11.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA 39
11.3.1. Escenarios 39
11.3.2. Resultados 39
11.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD 42
11.4.1. Indicadores Adicionales 42
11.4.2. Ingreso per cápita asignable al sector agropecuario 43
11.5. EXTERNALIDADES 43
11.6. MOMENTO ÓPTIMO DE LA INVERSIÓN 43
11.7. ANÁLISIS FINANCIERO 44
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45
12.1. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES 45
12.2. VALORACIÓN ECONÓMICA 47
12.3. RECOMENDACIÓN DEL PROYECTO DE EMBALSE 48

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El presente Estudio de Prefactibilidad del Proyecto *"Mejoramiento del riego de la cuenca del río Teno, Región del Maule"*, fue contratado por la Comisión Nacional de Riego (CNR) del Ministerio de Agricultura a la empresa consultora de ingeniería TYPSA-Agencia en Chile, con el fin de establecer la mejor solución para regular las aguas del río Teno con fines de riego, mediante la construcción de un embalse.

La Región del Maule cuenta con dos sistemas hidrográficos principales: el río Mataquito al norte y el río Maule en el centro. El río Teno tiene un régimen hídrico muy irregular, de origen pluvio-nival. Nace en las estribaciones de la cordillera de Los Andes, en la zona del Paso Vergara, alimentándose de las aguas de las Lagunas del Teno y rodeando por el norte el complejo volcánico Planchón-Peteroa. Su confluencia con el río Lontué, al poniente de Curicó, conforma el río Mataquito.

La zona de riego objeto del Estudio se sitúa en su amplio valle aluvial, con suaves lomas y tierras de cultivo muy fértiles. Está limitada al norte por los esteros Chimbarongo y Tilicura-Comalle, al sur por el camino de Curicó a Zapallar, al oriente por el río Claro y el estero El Manzano, y al poniente por los cordones montañosos de Traiguén, Pan de Azúcar y Quinta.

Figura 1-1. Situación geográfica

La zona en estudio regable alcanza una extensión de casi 64.000 ha, de las cuales actualmente se riegan unas 46.700 ha netas. Sin embargo, la seguridad de riego es muy baja, y más de la mitad se riega precariamente.

1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El principal objetivo del Estudio es definir un embalse en el río Teno o en sus afluentes, que permita regular los recursos hídricos con fines de riego, para alcanzar la seguridad mínima del 85% en la superficie de riego actual (cerca de 46.700 ha), a la que se pretende incorporar una superficie de 6.700 ha adicionales de riego, con la misma seguridad de riego.

Los trabajos que integran el estudio consisten en realizar un análisis previo de alternativas entre las posibles ubicaciones del embalse, para encontrar la mejor solución, y definir las infraestructuras necesarias a nivel de prefactibilidad. Estos trabajos incluyen estudios técnicos de diferentes disciplinas, así como campañas de terreno, para asegurar que la solución final del Estudio considera fielmente las condiciones reales existentes y las aspiraciones de los interesados.

Las actividades que componen el Estudio han consistido en el análisis de los antecedentes existentes, el examen de las características del entorno que condicionan la viabilidad y rentabilidad de la infraestructura, la cuantificación de las demandas y de los recursos hídricos disponibles, el desarrollo de los diseños, y por último la evaluación de la inversión y de los beneficios que justifican la solución finalmente propuesta.

Tras analizar los abundantes antecedentes disponibles y realizar las primeras visitas al terreno, se elaboró una primera caracterización de la zona desde el punto de vista fisiográfico, hidrológico, agronómico, geológico y ambiental, que permitió hacer el siguiente diagnóstico preliminar antes de plantear los posibles embalses:

- ✓ La naturaleza de los suelos de la zona regable admite una gran mejora de la explotación agrícola, si se dispone de la suficiente seguridad de riego.
- ✓ Existen recursos hídricos suficientes en el valle para aumentar la seguridad de riego a niveles normales (85%), e incluso aumentar la zona regable mediante la construcción de un embalse de regulación. Las infraestructuras de comunicación, las obras de riego y las técnicas de riego necesitan ser mejoradas.
- ✓ Las organizaciones de regantes están relativamente bien estructuradas y organizadas. Son muy favorables a la iniciativa de construir un embalse de regulación, aunque no tienen gran confianza en la intención real de inversión por parte de la Administración Pública (MOP), posiblemente debido a la desestimación de los estudios precedentes del embalse El Ciprés. Muchos son escépticos.
- ✓ Los pobladores de la zona, en general también son favorables al embalse, a excepción de una parte de los pobladores de El Romeral y Los Queñes, que alegan ser ellos los perjudicados por la localización del embalse, mientras ven a los regantes de otras poblaciones más abajo del valle como beneficiadas.
- ✓ Existen soluciones técnicamente viables para el emplazamiento de un embalse en el río Teno, aunque las que aparentan tener mejores condiciones se encuentran más aguas arriba, y por tanto disponen de menores recursos hídricos. Es preciso tener muy en cuenta los derechos otorgados actualmente, no solo relativos al riego, sino también al aprovechamiento hidroeléctrico.
- ✓ Los valores ambientales del valle del Teno son notables, y exigen adoptar las medidas de mitigación correspondientes, que serán sin duda costosas, si no son limitativas.

2. ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS

2.1. IDENTIFICACIÓN DE POSIBLES EMPLAZAMIENTOS

Después de estudiar los antecedentes, se realizó un detallado reconocimiento tanto el propio cauce del río Teno como sus principales afluentes, desde el sector de El Ciprés hasta las lagunas de El Planchón. Del valle del rio Manzano se recorrieron los últimos 5 km antes de su desembocadura en el río Teno, y del estero Guayquillo, que desemboca en el río Lontué, se reconocieron los sectores del cerro de San Pablo y Colliguay. En estos reconocimientos se identificaron todos los posibles emplazamientos de embalse, algunos de ellos ya identificados por los antecedentes consultados previamente. En total, se identificaron 10 posibles alternativas de embalse, algunas con variantes:

✓ EL CIPRÉS (2 variantes)	Río Teno	✓ LAS LEÑAS	Río Teno
✓ EL MANZANO	Río Manzano	✓ VACA-MOLONGO	Río Teno
✓ LOS QUEÑES	Río Teno	✓ PIEDRA DE MUJER	Río Teno
✓ RISCO DEL ÁGUILA	Río Teno	✓ SAN PABLO	Estero Guayquillo
✓ LA JAULA (2 variantes)	Río Teno	✓ GUAYQUILLO (2 variantes)	Estero Guayquillo

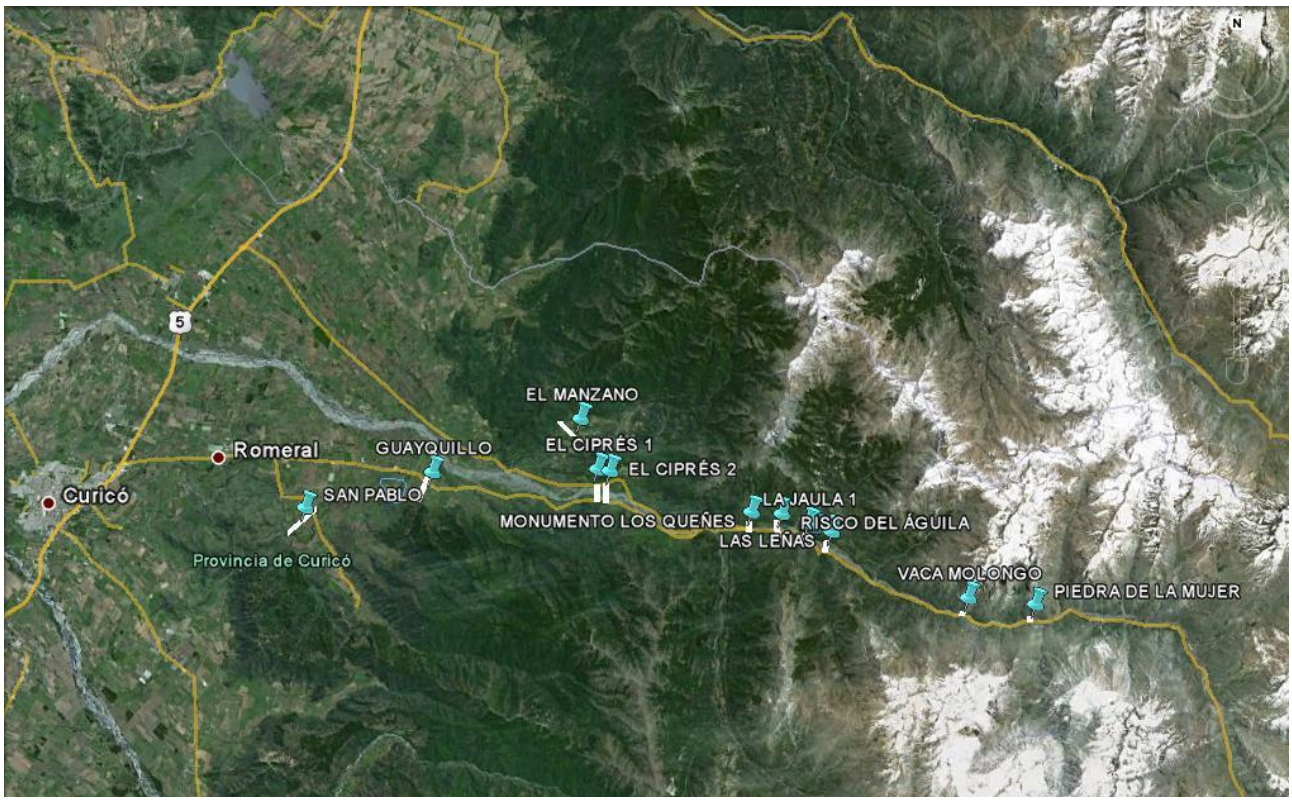


Figura 2-1 - Alternativas de embalse identificadas.

2.2. SELECCIÓN DE SOLUCIONES A DESARROLLAR

Una vez estimadas las magnitudes principales de cada alternativa sobre la cartografía general, se realizó un primer análisis comparativo de los aspectos fundamentales que pueden condicionar su viabilidad técnico-económica, descartando aquellas que no cumplieron los requerimientos mínimos (tamaño de embalse, recurso hídrico, características geológico-geotécnicas, vulnerabilidad ambiental del entorno, etc.).

Atendiendo a los recursos hídricos disponibles, se descartan El Manzano, Piedra de Mujer, Vaca-Molongo y Las Leñas (que no alcanzan a recoger las aportaciones del estero La Jaula). Las alternativas de Guayquillo y San Pablo se descartan por su inadecuada situación para atender la zona regable y sus desfavorables condiciones geotécnicas (aluviales de gran potencia en el lecho del cauce y roca alterada como mínimo en uno de sus estribos).

Del análisis conjunto de los diferentes condicionantes (aptitud geotécnica de la cerrada y del vaso, capacidad, recurso hídrico, ausencia de factores ambientales limitativos y situación razonable respecto a la zona regable), los embalses más atractivos son los situados en el curso medio del río Teno: La Jaula, Risco del Águila y Los Queñes, aunque presentan algunos inconvenientes de carácter ambiental y de afecciones sociales. Entre estos, se puede descartar el emplazamiento de El Risco del Águila, pues no presenta ningún factor mejor que Los Queñes, especialmente en las condiciones geotécnicas de la cerrada (roca con lahares en ambos estribos).

El emplazamiento de El Ciprés no se compara con el resto de alternativas, pues ya fue analizado en el *"Estudio de Embalses de regulación en la cuenca del río Mataquito"* y posteriormente desarrollado por la DOH.

Tras el análisis comparativo efectuado, se proponen como mejores soluciones a desarrollar, las alternativas:

- ✓ Los Queñes
- ✓ La Jaula 1
- ✓ La Jaula 2

3. TRABAJOS DE TERRENO

3.1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Se realizaron diversos reconocimientos geológicos de superficie, primero sobre todas las alternativas identificadas y después más detallados en los emplazamientos de El Ciprés y las soluciones seleccionadas de Los Queñes y La Jaula (variantes 1 y 2), para obtener información sobre las condiciones litológicas generales, estructura del substrato rocoso, y la naturaleza y espesor de los recubrimientos cuaternarios en fondo de valle y laderas. Se cartografiaron los afloramientos rocosos existentes en ambas márgenes del valle, y en ellos se han tomado datos litológicos y de estructura del macizo rocoso en numerosas estaciones geomecánicas, identificando las eventuales fallas locales y la disposición de los sistemas de diaclasas dominantes en el entorno de los emplazamientos. También se realizó la cartografía geológica de los recubrimientos cuaternarios en zonas de vaguada, los niveles de terrazas fluviales, y la delimitación de los rellenos aluviales del fondo del valle.

Paralelamente a los reconocimientos geológicos, se realizó una campaña de investigación geotécnica de terreno, integrada por un total de 12 sondajes, 24 calicatas y 18 extendimientos de geofísica (sísmica de refracción y sísmica de reflexión). Todos los sondajes se perforaron a rotación, con recuperación continua de testigo. Sobre los testigos seleccionados de los sondajes y las muestras de las calicatas, se han realizado los ensayos de laboratorio pertinentes, para definir sus características. La gestión de permisos de particulares y de vialidad, la creación de los accesos, y la naturaleza de los terrenos (gravas, bolones y bloques) han dificultado mucho estos trabajos, pero la campaña logró finalmente alcanzar todos sus objetivos satisfactoriamente.

3.2. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS

Los trabajos topográficos desarrollados han consistido en la obtención de las cartografías de la zona de riego y de los embalses a diversas escalas, para sustentar los diferentes estudios y diseños a desarrollar.

1) Zona del estudio a escala 1:10.000 con equidistancia de 10 m, por restitución de imágenes satelitales, complementando la información con un vuelo fotogramétrico de archivo del Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile (SAF).
2) Zona inundable de los embalses Los Queñes y La Jaula (variantes 1 y 2), a escala 1:5.000 y equidistancias de 5 m, por restitución fotogramétrica del vuelo de archivo del SAF **a escala 1:70.000. Como la escala de este vuelo no es la adecuada, para ajustarse a los estándares de precisión requeridos se realizó un intenso trabajo de apoyo a través de puntos levantados en terreno por métodos clásicos**.
3) Zonas del sitio de presa de Los Queñes y La Jaula (1 y 2), a escala 1:2.000 con equidistancias de 2 m, mediante levantamiento taquimétrico tradicional.
4) Poligonales y nivelación, para materialización de una red Básica
5) Materialización de 2 puntos de referencia en terreno (PRs) en cada presa.

3.3. ENCUESTAS AGROPECUARIAS

Se han realizado 2 campañas de toma de datos agropecuarios en terreno. La primera mediante encuestas simples de tipo cuantitativo, con la captura de 531 propiedades o explotaciones agrarias, que significan una cobertura general del 13,5% (superior a la requerida) repartida proporcionalmente entre todos los sectores y estratos, según las indicaciones de la CNR. La cobertura del área encuestada alcanzo el 17% de la superficie de riego. Tras su análisis, se realizó una segunda campaña de encuestas de caso, de tipo cuantitativo y cualitativo, que permitió profundizar la información obtenida durante la primera campaña.

3.4. TRABAJOS AMBIENTALES DE TERRENO

Para el diagnóstico ambiental de las presas seleccionadas y sus correspondientes áreas de inundación, se efectuaron reconocimientos de terreno por parte de expertos en medioambiente y arqueología, con el objetivo de caracterizar los aspectos ambientales y tomar las muestras para los análisis de calidad de aguas.

4. ESTUDIOS BÁSICOS

4.1. ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

4.1.1. El Ciprés

En ambas márgenes del emplazamiento El Ciprés se observa el substrato rocoso en superficie, en la zona de cimentación de los estribos de la presa. El recubrimiento aluvial del fondo del valle es de gran espesor y se localiza a lo largo de la ancha plana morfológica del fondo del valle.

En la zona media y superior de la margen derecha y en toda la ladera de la margen izquierda, el substrato rocoso está constituido por coladas lávicas de tipo andesítico. En la margen izquierda, a media ladera se localizan recubrimientos de gravas de terraza y depósitos de avalancha de escasa entidad, que sobreyacen lateralmente a los niveles de coladas andesíticas. Hacia la zona alta de ladera, el substrato presenta variaciones litológicas, con presencia de capas de tobas andesíticas y aglomerados volcánicos de textura brechoide. En la margen izquierda, entre la plana aluvial y la pista existente, se desarrolla una importante terraza con imbricaciones de depósitos de avalancha volcánica, que alcanza 30 m de espesor en un marcado escarpe sobre la plana aluvial.

Las andesitas son duras, sanas o débilmente meteorizadas en los afloramientos reconocidos. En cuanto a resistencia, este substrato presenta condiciones favorables a cualquier tipología de presa, incluidas las de hormigón. Sin embargo, dada la extensión de la plana aluvial (unos 700 m), y el enorme espesor del depósito aluvial subyacente (unos 300 m incluyendo depósitos fluviales recientes y fluvioglaciares antiguos), la opción más aconsejable es la tipología de materiales locales, preferentemente de tipo CFRD o CFGD (enrocado o grava con pantalla de hormigón). Se dispone de un importante volumen de gravas aluviales en el vaso, pero hay mayor dificultad para la obtención de escollera de calidad dentro de la zona inundable.

Los depósitos granulares de origen aluvial que se presentan con gran espesor en el fondo del valle, presentan una permeabilidad muy elevada, que obligaría a costosas medidas de impermeabilización para reducir las filtraciones a valores aceptables. En el vaso no se evidencian graves problemas de permeabilidad o inestabilidad de laderas. La estabilidad de laderas es buena, los materiales de terraza y de avalancha volcánica, dada su cierta compacidad y cementación, soportan altos taludes de excavación, casi subverticales, con excelente estabilidad. En el resto de materiales, coluviones y conos de deyección, solo cabe esperar pequeños arrastres superficiales de suelos coluviales o de alteración del substrato rocoso, que no deben presentar ningún riesgo para la presa.

4.1.2. Caracterización de las zonas de los embalses seleccionados

En Los Queñes, la roca está presente en la zona inferior de la margen izquierda, en los taludes de la pista y en el entorno del Monumento de Bío-Bío. Por encima de estos afloramientos rocosos se observan recubrimientos locales de gravas de terraza, de 3-4 m de espesor, y depósitos de avalancha de mayor desarrollo. El substrato rocoso es de tipo andesítico-brechoide, poco meteorizada, de buenas características resistentes, grado de fracturación muy variable, y con presencia de algunas fallas locales. En la margen izquierda, en el borde exterior de la pista situada junto al cauce, se ha ejecutado un sondaje que corresponde íntegramente a la roca del substrato (andesita porfídica), atravesando una zona de falla desde 6 m hasta 13 m de profundidad. Por debajo de esta cota aparece roca sana.

El fondo del valle está ocupado por depósitos aluviales que se extienden por la margen derecha. El cauce fluvial discurre al pie de los afloramientos rocosos de la margen izquierda. Hay una primera capa de gravas aluviales, poligénicas, con bolos y clastos redondeados en matriz arenosa, con espesores de 10 a 15 m en la margen derecha. El contacto inferior del depósito aluvial se localiza a 12 m de profundidad en el centro de valle. Subyacente al aluvial, a partir de 29 m de profundidad, aparecen materiales impermeables de avalancha volcánica que confinan un acuífero que parece extenderse por todo el fondo del valle (a partir de 35,50 m brota agua artesiana) correspondiente a la zona fracturada y alterada del substrato rocoso. La zona de substrato rocoso sano que constituye el muro del acuífero confinado, se situaría en torno a los 50-60 m de profundidad.

Tanto las gravas aluviales, por debajo de los primeros 10 m de profundidad, como la capa de materiales de avalancha subyacente, presentan capacidad portante suficiente para el apoyo de una presa con tipología de materiales locales. La capa de materiales de avalancha, por su relativa impermeabilidad, podría garantizar filtraciones muy limitadas. Respecto a tipologías de presa, tanto la geometría de la cerrada, relativamente abierta, como el desarrollo del depósito aluvial y de avalancha volcánica, y sobre todo la mala calidad del substrato rocoso detectado bajo el nivel de avalancha de fondo de valle y en el pie de la margen derecha, hacen aconsejable una tipología de materiales locales, de tipo CFGD o CFRD (gravas o escollera, con pantalla de hormigón aguas arriba) y tratamiento mediante inyecciones de impermeabilización.

En la base de la margen izquierda del emplazamiento previsto para La Jaula-1, se observan afloramientos rocosos de pórfidos andesíticos, desde el camino hasta la zona media de ladera de esta margen. En la zona media de ladera se observa una terraza formada por depósitos gravas rodadas, y depósitos de avalancha, de unos 10 a 15 m de espesor. Por encima se vuelve a observar afloramientos rocosos. En la margen izquierda del emplazamiento de La Jaula-2, los afloramientos de roca se encuentran cubiertos por depósitos de terraza y avalancha, de mayor entidad que los detectados en La Jaula-1, que ocupan la zona baja y media de ladera sobre la pista.

En la margen derecha, aunque cubierta por densa vegetación, se observan afloramientos de roca volcánica, y la ladera se presenta bastante escarpada, con escasa presencia de suelos, coluviales o de alteración de la roca. En la zona baja-media de ladera de esta margen, se conservan retazos de depósitos de terraza y de recubrimientos de avalancha, lo mismo que sucede en la margen izquierda sobre los afloramientos rocosos existentes en el talud de la pista de La Jaula-1.

El pie de la margen izquierda presenta una extensión superficial de un depósito de avalancha volcánica más reciente, que incluye el arrastre de grandes bloques rocosos. En La Jaula-1 hay una capa superficial de 2 a 4 m de espesor, que debe corresponder al depósito de avalancha. Por debajo aparece una capa de depósito aluvial en la zona más cercana a la margen izquierda, hasta 10 m de profundidad. Subyaciendo a este material, aparece una última capa más compacta de depósitos de avalancha, responsable del confinamiento del acuífero desarrollado por debajo, en la zona alterada y fracturada del substrato rocoso. El nivel rocoso sano se encuentra a unos 40 m de profundidad en la margen derecha.

En el pie de la margen derecha hay un recubrimiento coluvial y aluvial con espesores desde 5 m en su extremo occidental, hasta 14 m en su extremo oriental. En la margen izquierda se encuentran mayores diferencias entre las dos variantes. En La Jaula-1, se localiza un recubrimiento de avalancha volcánica y terraza de unos 10-12 m de espesor y por debajo el substrato rocoso. En La Jaula-2 los recubrimientos de terraza y/o avalancha presentan espesores de 20 a más de 30 m sobre substrato rocoso (andesita y brecha andesítica). En el centro del valle se han encontrado 20-25 m de grava aluvial, por encima de la capa de avalancha subyacente.

En las proximidades del pie de ladera derecha del valle de La Jaula-1, hay gravas aluviales permeables hasta 27 m de profundidad, a continuación materiales de avalancha hasta 40,50 m de profundidad, y por debajo el substrato rocoso andesítico, muy alterado y fracturado. A los 39-40 m de profundidad, se produjo la surgencia de agua de un acuífero confinado, subyacente al nivel de depósito de avalancha y aislado por el mismo de las gravas aluviales superiores.

Tanto las gravas aluviales, por debajo de los primeros 6 a 10 m de profundidad, como la capa de materiales de avalancha subyacente, presentan capacidad portante suficiente para el apoyo de una presa con tipología de materiales locales. La capa de materiales de avalancha, por su relativa impermeabilidad, también podría garantizar filtraciones muy limitadas. Como la geometría del valle es muy abierta, y los recubrimientos de fondo del valle, materiales aluviales y de avalancha, presentan un importante espesor, la tipología más aconsejable, parece la de presa de materiales locales, de tipo CFGD o CF RD, con disponibilidad de materiales en el aluvial de la zona inundable, y cierta dificultad para obtener enrocados de calidad en cantera, que en todo caso parecerían quedar fuera de la zona inundable del embalse.

De acuerdo a los estudios realizados, La Jaula-1 resulta más favorable geotécnicamente, por el menor espesor de recubrimientos en la margen izquierda del vaso, ya que tanto el fondo de valle como la margen derecha parecen presentar condiciones similares.

4.1.3. Riesgos geológicos

Tanto en el vaso de Los Queñes como en el vaso de La Jaula (variantes 1 y 2), no se evidencian problemas serios ligados a la permeabilidad o inestabilidad de laderas. La estabilidad de laderas es buena, los materiales de terrazas y de avalancha volcánica, dada su cierta compacidad y cementación soportan altos taludes de excavación próximos a subverticales con excelente estabilidad. En el resto de materiales, coluviones y conos de deyección, solo cabe esperar pequeños arrastres superficiales de suelos coluviales o de alteración del substrato rocoso, que no deben presentar ningún riesgo para la presa.

4.1.4. Disponibilidad de materiales

Por lo que respecta al estudio de materiales, las gravas aluviales de la zona inundable del embalse presentan reservas suficientes para satisfacer los elevados volúmenes requeridos para la construcción del cuerpo de presa y ataguía, aunque para ello es necesario prever un espesor de explotación del orden de los 8 m en Los Queñes y 10 m en La Jaula (variantes 1 y 2), y abarcar la totalidad de la plana aluvial del vaso.

Adicionalmente puede valorarse la obtención de enrocado en cantera, tanto en la cantera abierta aguas arriba del estero La Jaula, como en alguna de las zonas con afloramiento de coladas andesíticas sanas de suficiente espesor, correspondientes a las zonas de El Ciprés y Vaca Molongo.

4.2. ESTUDIO SÍSMICO

Primero se realizó un marco sismogénico general de la zona de estudio, incluyendo información histórica sobre la localización, magnitud y mecanismo focal de la sismicidad, para definir y caracterizar las fuentes sismogénicas presentes en la zona. A continuación, se definió una ley de atenuación, considerando la pérdida de energía de las ondas sísmicas al atravesar distintas estructuras geológicas. Una vez definidos estos antecedentes, se realizó una estimación del peligro sísmico mediante el método probabilístico y un análisis determinístico considerando el escenario más desfavorable, de acuerdo con la información disponible.

Para el caso del proyecto objeto de este estudio se debe utilizar un valor de 0,41g correspondiente a la amenaza que representa la proximidad del sitio de falla el Diablo-el Fierro, valor que además es similar al obtenido para terremotos interplaca e intraplaca en la ciudad de Curicó, y que se justifica por la distancia de los emplazamientos en estudio a la ciudad. En el caso de la aceleración vertical, se recomienda adoptar un valor de 0,3g.

4.3. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

4.3.1. Recursos hídricos

El río Teno nace en la cordillera de los Andes, en la zona fronteriza de Chile-Argentina. El río Teno se forma de la confluencia de los ríos Nacimiento y Malo, junto al volcán Planchón (Laguna de Teno), y drena un área aproximada de 1.405 km², con un recorrido de 102 km hasta su confluencia con el río Lontué, 12 km al poniente de Curicó, dando origen al río Mataquito. En sus primeros 30 km discurre en dirección norte-sur, volviendo bruscamente hacia poniente en Los Maitenes, y tras cruzar el valle de Los Cipreses se encierra en un valle muy angosto hasta Los Queñes donde confluye el río Claro. Más abajo recibe los aportes de los esteros El Manzano y Guayquillo. La pendiente media del cauce principal es de 3,70%.

La Laguna de Teno almacena la precipitación nival de los meses invernales. El caudal durante el periodo de deshielo, entre diciembre y abril, representa un porcentaje significativo de la escorrentía anual. El río evoluciona de un régimen nival en su nacimiento a pluvial en su confluencia con Lontué, con máximos en invierno (pluvial) y primavera-verano (deshielo nival).

El río más importante tributario por el sur es el Claro, que se le une en Los Queñes, a unos 30 km de su nacimiento. El río Claro nace en la zona glacial del volcán Planchón. Un afluente de menor envergadura en la ribera derecha del río Teno y aguas abajo de la confluencia entre el río Teno y el Claro es el río El Manzano, en el sector de La Montaña. Su cuenca hídrica es pequeña en comparación con el resto del sistema, pero posee una ubicación estratégicamente ventajosa para el estudio que nos ocupa por encontrarse inmediatamente aguas arriba de la zona de riego.

El máximo caudal medio mensual corresponde al mes de junio coincidente con la estación húmeda, y los mínimos ocurren entre los meses de febrero y abril, coincidentes con la estación seca. Analizando la procedencia de los recursos hídricos la cuenca del río Teno se caracteriza por ser su curso en régimen alterado, tras recibir las aguas de la Laguna de Teno (embalse El Planchón) a través del río Malo, con una capacidad de entrega de 27 m^3/mes aproximadamente. En los últimos años el embalse el Planchón ha visto mermado su volumen derivado del déficit de agua y nieve, consecuencia directa de la sequía. Su capacidad de embalse es de 70 millones de m^3.

La información utilizada corresponde a las series históricas de precipitación y temperatura a escala diaria en las estaciones meteorológicas y fluviométricas en la zona de estudio, proporcionadas por la DGA. Sobre esta información, se realizó el correspondiente análisis estadístico y estocástico, previamente a la elaboración del modelo hidrológico de transformación precipitaciones-escorrentía HEC-HMS. Este modelo, una vez calibrado y validado, proporcionó series de caudales medios mensuales muy próximos a las series históricas de caudales medios mensuales aforados.

En La Jaula (1 y 2) se dispone de un caudal medio mensual de 32,1 m^3/s, con máximo de 116,4 m^3/s y mínimo de 9,2 m^3/s. La aportación media al embalse es de 1.005 hm^3/año, y desde el embalse hasta la zona de riego es de 909 hm^3/año. En Los Queñes el caudal medio mensual es 32,9 m^3/s, con máximo de 119,6 m^3/s y mínimo de 9,4 m^3/s. La aportación media al embalse es de 1.200 hm^3/año, y desde el embalse hasta la zona de riego es de 714 hm^3/año.

4.3.2. Cálculo de crecidas

Los modelos hidrometeorológicos desarrollados para evaluación de las crecidas máximas en los puntos de los posibles embalses, a partir de las series meteorológicas y fluviométricas, han servido para obtener los hidrogramas de crecida correspondientes a los diversos periodos de retorno. Así, para La Jaula (1 y 2) se obtiene un caudal máximo de 1.085 m^3/s para T=1.000 años, con un volumen de 75,3 hm^3. En Los Queñes se obtiene un caudal máximo de 1.117 m^3/s para T=1.000 años, con un volumen de 78,3 hm^3.

4.3.3. Estudio sedimentológico

Se han calculado las tasas medias esperadas de arrastre de sedimento en suspensión y de fondo, para obtener posteriormente el volumen de sedimento que quedará retenido en cada embalse durante su vida útil, prevista de 50 años, y que constituirá el llamado volumen muerto.

El río Teno presenta diferentes puntos de mediciones de caudal, aunque sólo dispone de dos estaciones fluviométricas y sedimentométricas en la parte alta de su cuenca, la estación "Río Claro en Los Queñes" y "Río Teno Después de Junta con Claro", Ambas estaciones se encuentran dentro de la cuenca de aporte a la zona de estudio y muy próximas entre sí. En La Jaula (1 y 2) los valores promedio del arrastre de sedimentos en suspensión es de 87,56 t/año y de fondo 21,89 t/año. Con estos valores, el volumen muerto se sitúa sobre 3,7 a 3,9 hm^3. En Los Queñes, el arrastre de sedimentos en suspensión es de 95,01 t/año como promedio, y de fondo 23,75 t/año, obteniendo un volumen muerto de 3,8 a 4,2 hm^3.

4.4. DERECHOS DE AGUAS

Las aguas del río Teno están distribuidas entre los usuarios o regantes que conforman la Asociación de Canalistas del Río Teno, recientemente constituida como *Junta de Vigilancia del Río Teno*, que distribuye actualmente 3.457 regadores (o acciones) con equivalencia de 20 l/s por regador; es decir, administra un caudal total de 70.945 l/s, en su mayor parte de uso consuntivo, ejercicio permanente y continuo. Sin embargo, dada la escasez de recursos hídricos durante el verano, la aplicación práctica del derecho supone reducir el caudal por acción en función de la disponibilidad.

Dicho caudal se distribuye en 48 canales, que corresponden a comunidades de aguas de título colectivo, con escritura pública y los correspondientes estatutos (excepto el Canal La Arveja, que pertenece a un particular). Algunos de estos canales han sido unificados, y uno de ellos (Canal Manzanos), desapareció eliminado por una crecida del propio río Teno. Existe sólo un canalista en trámites de constitución en comunidad de aguas (Canal Potrerillos), que no tiene inscripción en el CBR.

Además de los derechos de aprovechamiento de aguas de los regantes, a quienes se destina el proyecto del embalse de regulación, en la zona de estudio se localizan derechos no consuntivos y derechos consuntivos, tanto permanentes como eventuales, que han sido considerados para analizar su repercusión en la disponibilidad de recursos hídricos. Los derechos no consuntivos existentes no afectan al recurso regulado, a excepción de los derechos otorgados a la Compañía General de Electricidad S.A., tanto de ejercicio permanente como eventual, con repercusión en la solución de Los Queñes, por tomar el recurso del río Teno aguas arriba de la presa y devolverlo aguas abajo de ésta. El caudal máximo de esta concesión es un porcentaje considerable respecto al recurso medio anual en la ubicación del embalse.

Aparte de otros derechos consuntivos permanentes, existe el trasvase del canal Teno–Chimbarongo. La concesión consiste en una demanda de uso consuntivo de ejercicio eventual y discontinuo regulado. La capacidad del canal es 65 m^3/s y el recurso, procedente en su mayor parte de los excedentes invernales del río Teno, es trasvasado hacia el embalse Convento Viejo de regulación del estero Chimbarongo. Parte del agua trasvasada es embalsada para el riego de la zona aguas abajo, y parte es destinada a generación hidroeléctrica en la Central Rappel, situada en el río del mismo nombre al cual confluye el estero Chimbarongo. La Junta de Vigilancia del río Teno controla la obra de admisión del canal Teno-Chimbarongo durante la temporada de riego, de manera que se asegure el recurso necesario en el río Teno para el riego de los canales y sectores situados aguas abajo de la bocatoma del trasvase.

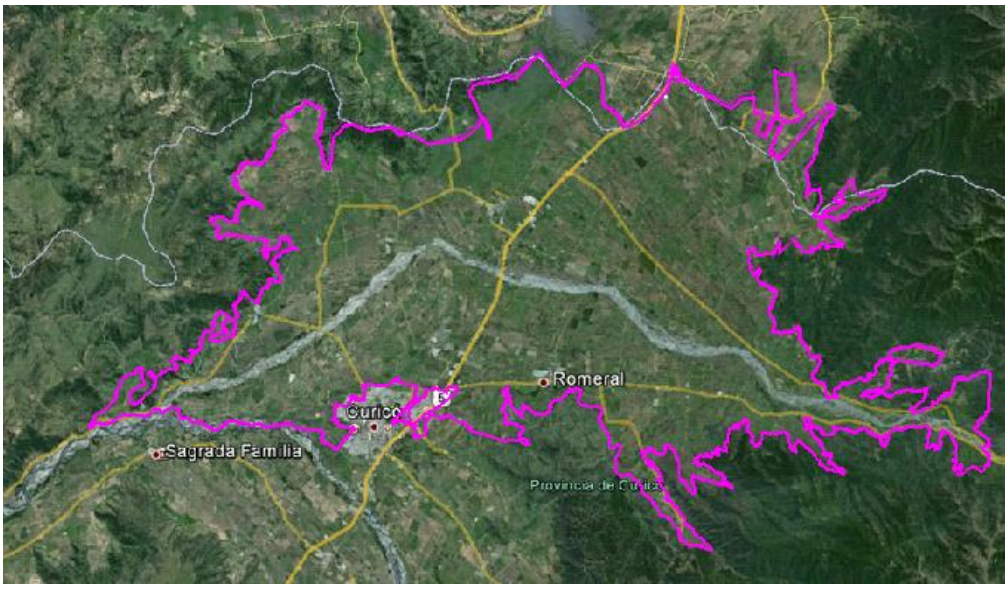
Existen otros canales que captan sus aguas del río Teno, fuera de la Asociación de Canalistas del Río Teno: el Canal Manzano (bocatoma en el Estero el Manzano, afluente del Teno por margen derecha), el Canal Salomón, cuya bocatoma se ubica en el Estero del Manzano, y otros canales que captan sus aguas de los esteros, cuyos caudales proceden de derrames.

Los derechos de aprovechamiento para la construcción del embalse El Ciprés, asignados a favor del Fisco (31 de diciembre de 1997), son de uso consuntivo de ejercicio eventual y discontinuo para las aguas superficiales del río Teno por un volumen de 320 millones de m^3/año a captar entre los meses de octubre y enero, considerando una distribución mensual de 1.07, 36.69, 69.14 y 14.11 m^3/s respectivamente. La captación de las aguas debe ser gravitacionalmente desde ambas riberas del cauce del río Teno, 6 km aguas arriba de la confluencia del estero el Manzano con el río Teno.

4.5. ESTUDIOS AGRONÓMICOS

4.5.1. Objetivos y alcances generales

El objetivo del estudio agroeconómico es evaluar los beneficios económicos del proyecto en diferentes escenarios: Situación Actual, Situación Actual Optimizada y Situación Futura. Al analizar las características climáticas, geográficas y productivas de la zona regable, se establecieron 11 sectores de riego. Las figuras siguientes representan el perímetro del área de riego y su sectorización. La superficie actualmente en riego tiene una extensión de 46.685 ha netas, mientras que la superficie futura objetivo es de 53.404 ha, con incorporación de 6.720 ha.



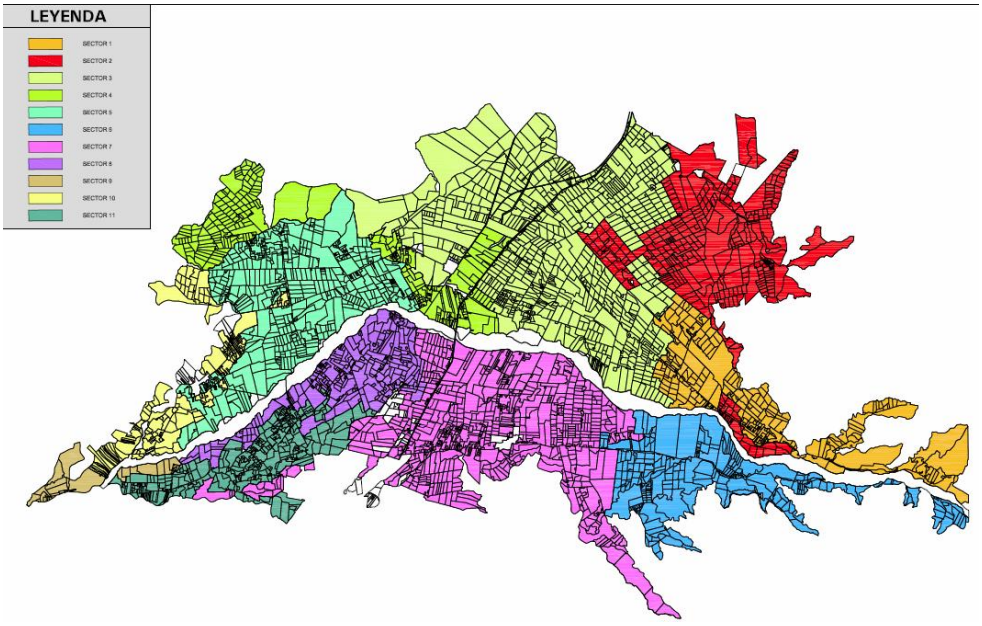


Figura 4-1. Perímetro del área de riego y sectorización

4.5.2. Caracterización agroclimática y agrológica de los suelos

Teniendo en cuenta los parámetros agroclimáticos de la zona y los requerimientos de los cultivos, se concluye que el área de estudio tiene condiciones muy favorables para el cultivo de la mayoría de las especies cultivables que se desarrollan en climas templados, bajo régimen hídrico de riego:

- Frutales de hoja caduca (manzano, cerezo, duraznero, ciruelo, damasco, nogal, almendro, arándano, frambuesa, vides, kiwi, olivo).
- Cultivos anuales y hortalizas (remolacha, maíz, papa, poroto, melón, sandía, tomate, alcachofa, cebolla, coliflor, frutillas, tabaco y espárragos).
- Amplia gama de especies de praderas y forrajeras.

Las áreas cubiertas por estos distritos son también aptas para el cultivo en secano de trigo, avena, cebada, habas, vicias y ballicas anuales, entre otras.

Para determinar el potencial productivo de los terrenos que se beneficiarían por el riego, se caracterizaron los suelos del área de estudio, con los siguientes resultados principales:

- Capacidad de uso: el 68% de los suelos tienen capacidad I a III (sin limitaciones a limitaciones moderadas), que restringen la elección de cultivos, pero buenos para determinadas especies.
- Categorías de riego: el 47% de los suelos tiene categoría 1 y 2 (muy bien adaptados-moderadamente adaptados).
- Aptitud agrícola: el 68% de los suelos corresponde a las clases 1, 2 y 3 (sin limitaciones o limitaciones moderadas).
- Erosión de suelos, el 95% de los suelos no tienen ningún problema de erosión.

4.5.3. Calidad del agua de riego

Su aptitud para riego se determinó mediante muestreos y análisis físico-químicos y bacteriológicos según NCh-1333 en 8 puntos, aguas arriba y aguas abajo de todas las alternativas de embalse. Existe peligro medio de problemas de sal y no existen problemas de sodio; para el resto de parámetros, todos los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos. El valor del pH está entre 6,5 y 7,0 (dentro del rango 5,5-9,0 establecido en la NCh-1333). Puede concluirse que el agua del río Teno es de buena calidad y apta para riego en todos los emplazamientos estudiados.

4.5.4. Infraestructura de riego

De los antecedentes recopilados, el reconocimiento en terreno y los conocimientos aportados por los dirigentes y/o celadores de los canales, con quienes se ha mantenido mucho contacto, se obtuvo importante información de la infraestructura básica de la red de riego. En la zona alta del río Teno se ubica el embalse El Planchón, con 72 hm^3 de capacidad, siendo la única obra de regulación que se dispone actualmente en el valle. El sistema de riego es una vasta red de canales matrices, derivados y subderivados, con más de 37 bocatomas en el río Teno. La mayoría forman parte de la *Asociación de Canalistas del Río Teno*.

En general, los canales de tamaño grande y medio, disponen de un canal de abducción, compuertas de admisión y canal de devolución o "descanso". El desvío del agua se hace mediante barreras en el río formadas por acopio de las gravas, arenas y bolones, con maquinaria pesada. Los canales matrices son en tierra, sin revestir, salvo algunos tramos. Las derivaciones de los canales secundarios suelen realizarse con marco partidor, dimensionado para repartir el caudal según los derechos de cada derivado. Algunos canales disponen de pequeños tranques de regulación nocturna.

4.5.5. Situación actual agropecuaria

Para caracterizar la zona de riego se ha dividido el área en 11 sectores homogéneos, que junto con la clasificación de niveles tecnológicos de los agricultores y los estratos productivos (dados por los tamaños prediales), definen las unidades para la caracterización productiva y económica agropecuaria. Para conocer otros aspectos físicos, productivos, legales y económicos, asociados a los agricultores del área, se realizó una campaña de encuestas simples de tipo cuantitativa (531 encuestas a propietarios, que representaron >10.600 ha).

Del análisis de resultados, se realizaron 38 estudios de caso, para ahondar en los aspectos técnicos de los distintos rubros productivos del área, identificando de forma precisa todas las labores, insumos y productos que se obtienen en la agricultura y ganadería, y sus costos asociados, para la evaluación posterior de los beneficios del proyecto.

Tabla 4-1. Estructura de la propiedad

Estructura agraria		Propiedades		Superficie		Encuestas realizadas	
Estrato	Superficie (ha)	Nº	%	Ha	%	Sup. (ha)	Nº
1	0,00 a 2,00	964	25%	1.004	2%	119	108
2	2,01 a 5,00	593	15%	1.936	3%	214	67
3	5,01 a 15,00	1.173	30%	11.861	19%	1.659	166
4	15,01 a 30,00	696	18%	14.108	22%	1.967	97
5	30,01 a 50,00	231	6%	8.611	13%	1.340	35
6	50,01 a 100,00	196	5%	13.115	20%	2.802	41
7	Más de 100,01	77	2%	13.466	21%	2.526	17
	TOTAL	**3.930**	**100%**	**64.101**	**100%**	**10.627**	**531**

El uso del suelo de la Situación Actual se obtiene de la expansión de los resultados de la encuesta simple. Sus resultados se presentan comparados en la misma tabla para la *Situación Con Proyecto*.

4.5.6. Situación sin proyecto

La situación sin proyecto corresponde a un escenario futuro sin embalse, pero incorporando ciertas mejoras en las infraestructuras de riego y en los procesos productivos, con el 5% del valor de las inversiones que se realizarían con el proyecto del embalse. Esto se realizaría en el marco de un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica, orientado principalmente a producir cambios de conducta por parte de los agricultores, con una mayor repercusión en los agricultores de nivel tecnológico y empresarial bajo y medio. El uso del suelo, en estructura productiva, es el mismo que en la Situación Actual, si bien se produce una moderada inversión en tecnificación de los rubros más productivos, como es el caso de los frutales.

4.5.7. Situación con proyecto. Programa de transferencia tecnológica

Las Situaciones Con Proyecto (SCP), corresponden al mejoramiento de las condiciones actuales, mediante la construcción del embalse y otras obras civiles complementarias, para aumentar la eficiencia de uso del agua y satisfacer la demanda de los cultivos. Los principales cambios entre la situación actual y la situación con proyecto, han sido:

- Incorporación al riego de hasta el 80-90% de las superficies que son arables no cultivadas y sin uso potencialmente cultivables.
- Aumento significativo de la superficie de frutales con riego tecnificado, sobre todo cerezo y manzano, y en menor medida kiwi, uva vinícola, frambuesa y arándano. Aumentan también los cultivos industriales (remolacha, tomate industrial) y disminuye la superficie de praderas y forrajeras.
- Incorporación de una superficie importante de riego tecnificado, aproximadamente 19.800 ha de riego de baja presión (goteo, micro-aspersión y cinta), y unas 2.000 ha de riego por aspersión y/o pivote.

Además, se plantea un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica, con el objetivo de que los regantes adopten las mejores decisiones sobre los cultivos a introducir en el nuevo sistema y los métodos de riego a implementar. Se contempla un programa de aplicación tecnológica en sistemas de riego y cultivos, mediante implementación de Parcelas Demostrativas y Unidades de Validación, por un periodo de 4 a 6 años, dependiendo del estrato de tamaño predial. Este programa no considera la participación de propietarios con alto nivel técnico y empresarial, porque éstas alcanzan mayores rendimientos y eficiencia en los procesos en forma autónoma (80% de agricultores de niveles tecnológicos bajos y medios). El costo previsto para este programa el 1er año sería de $152.412/predio en la zona de Curicó-Romeral y $150.183/predio en la zona de Teno-Rauco. El resto de los años, el coste sería de $112.721/predio en Curicó-Romeral y $110.790/predio en Teno-Rauco.

Debido al cambio de estructura productiva, al aumento de superficie regada y a las mejoras en el manejo y nivel tecnológico de los cultivos, los volúmenes de producción también aumentan. En la siguiente tabla se muestra el uso futuro del suelo en situación con proyecto (SCP) con 85% de seguridad del área máxima de riego, y los valores homólogos en las situaciones actual y sin proyecto.

Tabla 4-2. Uso del suelo en SA, SSP y SCP del área de estudio

Rubro productivo		Situación Actual		Situación Sin Proyecto		Situación Con Proyecto	
		Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%
Cereales-Leguminosas y Tubérculos		**4.996**	**10,06**	**4.992**	**10,05**	**3.823**	**7,11**
	Arveja (grano seco)	55	0,11	55	0,11		
	Cebada	173	0,35	173	0,35		
	Maíz (grano seco)	2418	4,86	2413	4,86	3073	5,72
	Papa	73	0,15	110	0,22	108	0,2
	Poroto	455	0,92	417	0,84	487	0,91
	Trigo	1824	3,67	1824	3,67	154	0,29
Frutales y vides		**25.223**	**50,76**	**25.221**	**50,76**	**38.647**	**71,91**
	Arándano	470	0,95	470	0,95	655	1,22
	Avellano	256	0,52	256	0,52	392	0,73
	Cerezo	8033	16,16	8034	16,16	12806	23,84
	Ciruelo	380	0,76	380	0,76	514	0,96
	Duraznero	211	0,43	211	0,43	306	0,57
	Frambuesa	846	1,71	846	1,71	1270	2,35
	Kiwi	1416	2,84	1414	2,84	2379	4,42
	Manzano verde ó rojo	5589	11,24	5586	11,24	8120	15,11
	Moras	758	1,52	758	1,53	1206	2,25
	Nogal	325	0,65	325	0,65	1834	3,42
	Peral	563	1,13	563	1,14	913	1,7
	Uva	6202	12,48	6202	12,48	8044	14,96
	Otros frutales	176	0,36	176	0,36	203	0,38
Hortícolas y Semilleros		**5.718**	**11,51**	**5.724**	**11,52**	**4.894**	**9,11**
	Avena (semillero)	91	0,18	91	0,18	47	0,09
	Betarraga	66	0,13	66	0,13	50	0,1
	Cebolla	188	0,38	194	0,39	202	0,37
	Choclo	187	0,38	187	0,38	249	0,47
	Huerta casera	28	0,06	28	0,06	23	0,04
	Maíz (semillero)	3932	7,91	3932	7,91	3166	5,89
	Maravilla (semillero)	391	0,79	391	0,79	381	0,71
	Melón	59	0,12	59	0,12	78	0,14
	Otras hortalizas aire	312	0,62	312	0,62	318	0,61
	Poroto verde	35	0,07	35	0,07	63	0,12
	Tomate consumo fresco	125	0,25	125	0,25	107	0,2
	Zapallo	358	0,72	358	0,71	241	0,45
Cultivos Industriales		**1.577**	**3,17**	**1.577**	3,17	**2.048**	**3,81**
	Maravilla	97	0,2	97	0,2	208	0,39
	Remolacha azucarera	450	0,9	450	0,91	693	1,29
	Tabaco	4	0,01	4	0,01		
	Tomate industrial	1026	2,07	1026	2,07	1146	2,14
Praderas y Forrajeras		**12.175**	**24,5**	**12.175**	**24,5**	**4.328**	**8,05**
	Alfalfa	1013	2,04	1013	2,04	1635	3,04
	Avena vicia	76	0,15	76	0,15	9	0,02
	Maíz silo	79	0,16	79	0,16	576	1,07
	Pradera Mixta	3364	6,77	3364	6,77	1739	1,06
	Pradera Natural	7.485	15,07	7.485	15,07	411	0,5
	Trébol	159	0,32	159	0,32	192	0,36
Total arable cultivada		**49.688**	**100**	**49.688**	**100**	**53.740**	**100**
Arable cultivada con riego		46.685	73,01	46.685	73,01	53.404	83,51
Arable cultivada sin riego		3.003	4,7	3.003	4,7	337	0,53
Arable no cultivada		2.339	3,66	2.339	3,66	357	0,56
Sin uso, potencialmente cultivable con riego		2.594	4,06	2.594	4,06	525	0,82
Sin uso, potencialmente cultivable en secano		521	0,81	521	0,81	521	0,81
Forestal, bosque nativo, matorral		2.796	4,37	2.796	4,37	2.796	4,37
Improductivo e infraestructuras		6.009	9,4	6.009	9,4	6.009	9,4
Total		63.948	**100**	63.948	**100**	63.948	**100**

En la siguiente tabla se comparan los márgenes brutos por hectárea de los rubros productivos de las distintas situaciones: actual, sin proyecto y con proyecto. En el caso de frutales se considera la plena producción.

Tabla 4-3. Márgenes brutos agronómicos en SA-SSP-SCP

Cultivo	Tipo riego	Año	Nivel Tecnológico		Márgenes a precios de mercado ($)		Márgenes a precios de sociales ($)	
			SA	SCP	SA	SCP	SA	SCP
Arándano	Goteo	6 a 15	Medio a bajo	Medio	4.587.667	5.827.527	6.150.537	7.710.904
Arándano	Goteo	6 a 15	Alto	Alto	6.181.896	6.975.108	8.451.690	9.437.475
Cerezo	Surco	8 a 25	Medio a bajo	Medio a bajo	6.275.375	7.472.750	7.315.391	8.645.954
Cerezo	Goteo y Micro-as	8 a 25	Medio, alto	Medio, alto	6.988.900	8.055.980	8.348.014	9.546.979
Ciruelo	Micro-aspersión	6 a 30	Medio, alto	Alto	1.634.255	1.855.179	2.183.170	2.446.416
Frambuesa	Surco	5 a 12	Medio a bajo	Medio a bajo	1.926.539	2.478.161	3.387.591	4.272.001
Frambuesa	Goteo	5 a 12	Medio, alto	Medio, alto	2.701.966	3.360.824	4.667.516	5.674.736
Kiwi	Surco	7 a 25	Medio a bajo	Medio	3.334.841	4.185.287	3.816.164	4.721.589
Kiwi	Goteo - Micro-aspersión	7 a 25	Medio, alto	Alto	4.273.203	4.741.926	4.784.960	5.270.646
Manzano	Surco	9 a 25	Medio a bajo	Medio	1.881.651	2.400.751	2.379.486	2.914.990
Manzano	Goteo y Micro-as	9 a 25	Medio, alto	Medio, alto	4.277.546	5.167.433	4.937.305	5.899.467
Moras	Surco	4 a 12	Medio a bajo	Medio	2.249.887	2.756.887	5.197.353	6.094.037
Peral	Goteo y Micro-as	9 a 25	Medio, alto	Medio, alto	3.198.462	3.953.062	3.651.903	4.444.484
Uva vinícola	Surco	8 a 25	Medio	Medio	679.994	854.156	939.148	1.112.082
Uva vinícola	Goteo	8 a 25	Medio, alto	Medio, alto	712.212	934.046	1.070.442	1.270.279
Avellano	Goteo	7 a 20	Medio	Alto	2.649.007	3.129.585	2.834.839	3.320.464
Frutilla	Goteo	-	Alto	Alto	0	4.772.091	0	6.247.208
Nogal	Goteo	7 a 20	Medio	Medio, alto	5.451.893	6.456.055	5.868.515	6.883.222
Avena (grano seco)	Tendido	-	Medio	Medio	148.449	173.082	169.368	193.998
Maíz (grano seco)	Surco	-	Bajo	Bajo, medio	71.956	190.520	123.520	244.253
Maíz (grano seco)	Surco	-	Medio	Alto	363.923	499.735	415.227	558.674
Trigo	Tendido	-	Medio a bajo	Medio a bajo	82.829	109.300	102.575	130.301
Papa	Surco	-	Medio a bajo	Medio	863.562	1.104.352	1.040.949	1.281.533
Poroto	Surco	-	Medio a bajo	Medio	452.403	611.570	555.848	713.585
Cebolla	Surco	-	Medio a bajo	Medio	910.270	1.089.654	1.350.820	1.556.181
Melón	Surco	-	Medio a bajo	Medio	864.750	1.385.368	1.085.357	1.602.617
Repollo	Surco	-	Medio	Medio	679.180	761.830	789.984	872.583
Sandía	Surco	-	Bajo	Medio	1.768.581	2.763.503	2.140.420	3.311.433
Zapallo	Surco	-	Medio a bajo	Medio	1.183.756	1.599.575	1.309.330	1.735.809
Choclo	Surco	-	Medio a bajo	Medio a bajo	499.467	716.320	698.615	941.039
Maíz (semillero)	Surco	-	Medio a bajo	Medio a bajo	531.830	651.095	575.829	695.829
Maravilla (semill)	Surco	-	Medio a bajo	Medio a bajo	585.358	764.623	613.547	793.547
Remolacha azuc.	Surco	-	Medio	Medio	729.626	902.731	774.042	947.422
Remolacha azuc	Pivote	-	Alto	Alto	1.306.806	1.749.713	1.315.154	1.757.710
Tomate industr	Surco	-	Medio a bajo	Medio a bajo	651.332	813.332	755.351	917.351
Tomate industrial	Goteo	-	Medio	Medio, alto	1.222.907	1.654.832	1.315.496	1.746.881
Alfalfa	Tendido	2 a 4	Alto, medio	Medio, alto	777.922	997.606	807.150	1.026.680
Maíz silo	Surco	-	Medio a bajo	Medio a alto	240.291	369.979	385.404	592.088
Pradera mixta	Tendido	2 a 4	Bajo	Bajo	50.562	148.060	91.521	225.666
Pradera mixta	Tendido	2 a 4	Medio	Medio	140.125	281.444	188.326	359.358
Pradera mixta	Tendido	2 a 4	Alto	Alto	179.818	287.042	273.462	497.189
Pradera Natural	Tendido	-	Bajo	Bajo	20.733	85.905	46.411	143.606
Pradera Natural	Tendido	-	Medio	Medio	26.163	169.564	54.836	221.143
Pradera natural	Sin riego	-	Bajo, estr.>50	Bajo, estr.>50	52.910	89.919	80.428	125.474

4.5.8. Demanda de agua

Se han establecido 5 posibles escenarios agronómicos, que corresponden a diferentes tamaños de la zona regada y del correspondiente embalse necesario para asegurar el riego al 85%, cada escenario con sus correspondientes beneficios de producción agraria y costos de construcción de la infraestructura hidráulica. El primer escenario corresponde a la máxima zona regable considerada, los demás corresponden a superficies progresivamente menores.

En la siguiente tabla se resume la demanda bruta de agua para cada superficie de riego, según la estructura productiva de la Situación actual, y de la Situación con Proyecto en cada uno de los 5 escenarios. Estos valores de demanda no consideran las pérdidas en el sistema de conducción extrapredial (a lo largo del cauce, desde el embalse hasta las bocatomas), que se añaden en el modelo de regulación del embalse. Las superficies de riego que figuran al final de la tabla en los diferentes escenarios se refieren a las extensiones regadas desde el embalse; así, en el escenario de menor tamaño quedan fuera de la regulación del embalse algunas superficies regadas actualmente sin seguridad, y que continuarían en la misma situación en el futuro.

Tabla 4-4. Demanda bruta de agua en SA, SSP y SCP (m³/mes)

Mes	SA	SCP-Esc. 1	SCP-Esc. 2	SCP-Esc. 3	SCP-Esc. 4	SCP-Esc. 5
May	0	0	0	0	0	0
Jun	0	0	0	0	0	0
Jul	0	0	0	0	0	0
Ago	0	0	0	0	0	0
Sep	1.960.156	992.456	984.517	952.407	878.131	794.049
Oct	42.760.321	29.346.177	28.178.586	26.619.879	24.722.450	23.142.562
Nov	101.951.286	78.098.655	74.456.119	71.798.169	66.765.185	62.642.926
Dic	150.543.430	120.032.019	114.242.757	111.453.819	103.694.336	97.144.655
Ene	160.165.435	132.871.137	126.710.110	123.380.960	114.782.942	107.572.503
Feb	133.059.476	112.920.359	107.897.531	103.802.201	96.535.955	90.385.237
Mar	83.982.993	70.648.080	67.826.089	63.740.313	59.198.045	55.399.554
Abr	26.132.177	20.174.423	19.524.920	18.301.394	16.954.925	15.902.243
TOTAL	**700.555.274**	**565.083.307**	**539.820.629**	**520.049.141**	**483.531.968**	**452.983.729**
Sup. (ha)	**46.685**	**53.404**	**50.668**	**48.482**	**45.080**	**42.490**

4.5.9. Beneficios agrícolas netos del proyecto

El beneficio neto correspondiente a la construcción del embalse en el río Teno, se obtiene como diferencia entre los flujos de las situaciones con proyecto y sin proyecto. Estos flujos contemplan tanto los márgenes agrícolas directos de los cultivos como los gastos indirectos generales, inversión en riego, asistencia técnica y habilitación de terrenos cuando corresponda. El resultado se presenta en las tablas de las páginas siguientes a precios de mercado y precios sociales. En la siguiente tabla se muestra el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Con Proyecto, para cada solución y escenario. Destaca el crecimiento similar en el empleo femenino (F) y masculino (M).

Tabla 4-5. Generación de empleo agrícola total del área

Tipo Empleo		SA	SCP-Esc. 1		SCP-Esc. 2		SCP-Esc. 3		SCP-Esc. 4		SCP-Esc. 5	
		Cantidad	Cantidad	Var.	Cantidad	Var.	Cantidad	Var.	Cantidad	Var.	Cantidad	Var.
Jornadas Anuales Totales	M	3.258.495	5.639.662	73,1%	5.600.642	71,9%	5.502.259	68,9%	5.033.448	54,5%	4.833.116	48,3%
	F	1.209.760	2.095.468	73,2%	2.089.067	72,7%	2.050.892	69,5%	1.885.913	55,9%	1.821.775	50,6%
Jornadas Anuales Permanentes	M	1.389.732	2.028.189	45,9%	2.028.833	46,0%	2.014.014	44,9%	1.862.745	34,0%	1.757.936	26,5%
	F	194.765	297.002	52,5%	294.698	51,3%	287.649	47,7%	266.870	37,0%	260.212	33,6%
Mensuales Permanentes	M	4.825	7.042	45,9%	7.045	46,0%	6.993	44,9%	6.468	34,0%	6.104	26,5%
	F	676	1.031	52,5%	1.023	51,3%	999	47,7%	927	37,0%	904	33,6%
Jornadas Anuales Temporales	M	1.868.764	3.611.473	93,3%	3.571.809	91,1%	3.488.245	86,7%	3.170.703	69,7%	3.075.180	64,6%
	F	1.014.995	1.798.466	77,2%	1.794.369	76,8%	1.763.242	73,7%	1.619.043	59,5%	1.561.563	53,8%

Tabla 4-6. Márgenes y flujos netos a precios de mercado ($)

Año	Margen Neto						Flujos Netos				
	SSP	SCP									
		Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
1	92.973.202.247	79.896.233.855	79.779.953.064	80.243.649.889	83.458.649.397	84.873.713.367	-13.076.968.391	-13.193.249.183	-12.729.552.358	-9.514.552.850	-8.099.488.880
2	89.064.931.798	83.309.006.679	82.779.398.476	83.017.311.096	86.096.744.320	87.379.432.293	-5.755.925.119	-6.285.533.322	-6.047.620.702	-2.968.187.478	-1.685.499.505
3	87.981.707.852	85.423.764.968	84.744.972.051	84.920.119.445	88.022.054.571	88.945.290.842	-2.557.942.884	-3.236.735.801	-3.061.588.408	40.346.719	963.582.989
4	92.843.509.918	88.759.435.665	88.228.057.993	88.554.072.808	91.397.199.150	91.840.111.480	-4.084.074.253	-4.615.451.925	-4.289.437.110	-1.446.310.768	-1.003.398.438
5	96.948.675.523	99.704.824.546	99.234.535.843	99.259.975.590	100.122.652.459	99.138.889.457	2.756.149.022	2.285.860.320	2.311.300.066	3.173.976.936	2.190.213.934
6	83.119.084.073	107.523.246.553	107.371.442.502	104.410.057.905	105.559.280.149	103.010.941.212	24.404.162.480	24.252.358.429	21.290.973.832	22.440.196.076	19.891.857.139
7	97.793.340.962	120.660.228.084	119.925.550.887	119.229.507.569	115.802.857.797	112.170.576.696	22.866.887.122	22.132.209.925	21.436.166.607	18.009.516.835	14.377.235.734
8	97.891.824.547	136.150.474.024	135.180.229.647	133.893.416.670	127.125.166.098	121.698.574.632	38.258.649.477	37.288.405.100	36.001.592.123	29.233.341.551	23.806.750.085
9	77.267.587.483	129.528.880.412	129.222.502.902	125.496.400.889	116.844.239.273	109.636.374.757	52.261.292.928	51.954.915.419	48.228.813.405	39.576.651.790	32.368.787.273
10	75.811.600.701	137.836.973.811	137.440.681.577	133.634.761.331	122.210.623.756	114.832.187.760	62.025.373.109	61.629.080.876	57.823.160.630	46.399.023.055	39.020.587.059
11	74.185.769.570	153.193.656.212	152.034.516.032	147.963.776.628	133.651.124.609	124.024.674.249	79.007.886.642	77.848.746.462	73.778.007.058	59.465.355.040	49.838.904.679
12	92.871.808.325	166.851.507.058	165.533.355.741	162.601.028.132	147.472.017.908	138.451.631.871	73.979.698.733	72.661.547.416	69.729.219.807	54.600.209.583	45.579.823.546
13	95.394.008.340	171.601.127.938	170.260.207.302	167.199.034.711	151.522.349.992	142.309.982.196	76.207.119.599	74.866.198.962	71.805.026.372	56.128.341.652	46.915.973.856
14	95.323.229.124	175.338.756.513	173.915.098.618	170.599.814.338	154.249.579.314	144.803.082.940	80.015.527.389	78.591.869.494	75.276.585.215	58.926.350.190	49.479.853.817
15	88.290.549.757	174.228.668.215	172.547.481.998	168.967.674.399	152.378.343.676	142.888.665.440	85.938.118.458	84.256.932.241	80.677.124.642	64.087.793.919	54.598.115.683
16	94.141.822.421	175.572.427.576	174.113.605.742	170.636.139.700	154.111.740.239	144.606.087.828	81.430.605.155	79.971.783.321	76.494.317.279	59.969.917.818	50.464.265.407
17	47.827.626.542	102.455.607.289	101.422.498.555	94.572.106.215	84.786.924.317	84.494.064.148	54.627.980.747	53.594.872.013	46.744.479.673	36.959.297.775	36.666.437.606
18	96.730.445.108	177.120.740.272	175.707.974.074	172.274.098.965	155.746.632.155	146.222.232.466	80.390.295.164	78.977.528.966	75.543.653.857	59.016.187.047	49.491.787.358
19	67.150.762.293	136.756.503.432	137.172.658.051	132.132.146.156	121.838.381.986	118.333.860.000	69.605.741.139	70.021.895.758	64.981.383.863	54.687.619.693	51.183.097.708
20	85.698.594.993	166.062.979.985	164.708.121.948	161.273.174.362	144.684.341.551	135.112.034.031	80.364.384.992	79.009.526.955	75.574.579.370	58.985.746.558	49.413.439.038
21	85.637.436.613	156.191.054.506	155.215.717.426	152.258.131.761	137.075.540.367	129.068.626.356	70.553.617.894	69.578.280.813	66.620.695.148	51.438.103.754	43.431.189.743
22	84.126.591.195	155.212.025.460	154.149.887.737	151.183.487.751	136.025.467.236	128.480.501.605	71.085.434.265	70.023.296.542	67.056.896.556	51.898.876.041	44.353.910.410
23	78.661.623.337	149.184.846.398	148.121.737.702	145.114.715.984	129.860.367.847	122.466.042.698	70.523.223.060	69.460.114.365	66.453.092.646	51.198.744.510	43.804.419.361
24	80.402.561.506	158.248.560.430	156.757.855.999	153.472.782.450	138.191.615.261	130.904.303.940	77.845.998.924	76.355.294.493	73.070.220.945	57.789.053.755	50.501.742.434
25	83.230.117.619	162.314.606.097	160.805.680.891	157.393.533.154	141.937.305.468	134.469.902.796	79.084.488.478	77.575.563.272	74.163.415.534	58.707.187.849	51.239.785.176
26	94.161.534.607	153.780.569.965	152.660.669.494	149.987.830.157	138.053.230.108	131.364.021.095	59.619.035.359	58.499.134.887	55.826.295.550	43.891.695.501	37.202.486.488
27	95.337.250.853	147.654.463.421	146.592.470.227	144.301.712.135	134.401.084.414	128.279.968.728	52.317.212.568	51.255.219.375	48.964.461.283	39.063.833.561	32.942.717.875
28	37.436.086.925	82.278.229.980	80.431.391.877	77.611.943.867	72.086.273.097	66.917.520.585	44.842.143.055	42.995.304.952	40.175.856.942	34.650.186.172	29.481.433.659
29	-20.971.004.292	9.995.505.739	9.631.178.571	8.298.574.778	2.023.055.843	-3.078.662.554	30.966.510.031	30.602.182.862	29.269.579.070	22.994.060.135	17.892.341.737
30	2.929.387.215	28.630.842.672	28.369.168.283	27.498.988.693	22.287.111.043	16.944.447.376	25.701.455.456	25.439.781.068	24.569.601.477	19.357.723.828	14.015.060.160
VAN							**234.072.333.959**	**228.526.050.191**	**216.059.732.365**	**180.807.565.714**	**154.228.205.372**

Tabla 4-7. Márgenes y flujos netos a precios de sociales ($)

Año	Margen Neto						Flujos Netos				
	SSP	SCP									
		Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
1	116.569.722.792	105.195.185.719	104.973.237.727	105.341.353.407	108.417.201.997	109.793.360.792	-11.374.537.073	-11.596.485.064	-11.228.369.384	-8.152.520.794	-6.776.361.999
2	112.817.699.296	109.076.028.282	108.433.553.622	108.564.655.296	111.452.810.531	112.665.235.651	-3.741.671.015	-4.384.145.674	-4.253.044.000	-1.364.888.765	-152.463.645
3	111.953.169.144	111.908.940.118	111.110.571.830	111.167.931.270	113.965.401.993	114.756.112.324	-44.229.026	-842.597.313	-785.237.873	2.012.232.849	2.802.943.181
4	117.046.144.468	116.314.652.699	115.657.844.641	115.850.758.943	118.195.539.036	118.408.600.040	-731.491.769	-1.388.299.827	-1.195.385.525	1.149.394.567	1.362.455.572
5	121.353.845.748	129.155.059.835	128.549.969.360	128.381.111.173	128.342.523.562	126.936.882.736	7.801.214.087	7.196.123.613	7.027.265.425	6.988.677.815	5.583.036.989
6	107.495.746.281	138.575.441.511	138.285.166.451	135.056.069.054	134.963.944.349	131.830.872.062	31.079.695.231	30.789.420.171	27.560.322.774	27.468.198.069	24.335.125.781
7	122.334.516.569	153.389.361.023	152.500.501.413	151.501.460.712	146.445.943.677	142.067.731.474	31.054.844.454	30.165.984.843	29.166.944.143	24.111.427.107	19.733.214.904
8	122.433.000.758	170.660.719.531	169.524.813.012	167.863.061.045	159.064.496.127	152.713.133.501	48.227.718.773	47.091.812.254	45.430.060.287	36.631.495.369	30.280.132.743
9	100.355.823.542	164.163.536.501	163.688.145.544	159.508.674.339	148.445.402.379	140.146.744.087	63.807.712.959	63.332.322.002	59.152.850.797	48.089.578.837	39.790.920.545
10	96.642.903.763	171.642.493.347	171.069.925.275	166.757.182.127	152.620.618.393	144.039.125.691	74.999.589.584	74.427.021.512	70.114.278.364	55.977.714.630	47.396.221.928
11	94.445.643.615	187.443.307.783	186.096.062.072	181.473.205.788	164.182.792.418	153.245.226.248	92.997.664.168	91.650.418.458	87.027.562.174	69.737.148.803	58.799.582.633
12	115.120.408.691	203.629.373.425	202.113.726.125	198.596.553.039	180.344.191.185	169.976.695.136	88.508.964.734	86.993.317.434	83.476.144.347	65.223.782.494	54.856.286.445
13	119.252.879.281	209.933.232.281	208.392.445.476	204.733.336.849	185.945.207.960	175.393.285.816	90.680.353.000	89.139.566.195	85.480.457.568	66.692.328.679	56.140.406.535
14	119.360.829.261	213.915.031.266	212.286.176.986	208.342.461.666	188.869.297.277	178.082.803.789	94.554.202.006	92.925.347.726	88.981.632.406	69.508.468.016	58.721.974.529
15	112.421.340.007	212.955.518.895	211.065.528.037	206.847.954.373	187.141.326.112	176.316.009.148	100.534.178.889	98.644.188.030	94.426.614.366	74.719.986.105	63.894.669.142
16	118.513.052.073	214.542.634.520	212.874.664.049	208.753.779.472	189.116.573.556	178.269.974.307	96.029.582.447	94.361.611.976	90.240.727.399	70.603.521.483	59.756.922.234
17	71.814.207.519	140.841.235.935	139.600.772.053	132.076.285.532	119.236.653.392	117.681.636.250	69.027.028.416	67.786.564.534	60.262.078.013	47.422.445.873	45.867.428.731
18	121.175.634.947	216.220.726.490	214.598.595.983	210.520.842.504	190.870.432.625	179.996.042.242	95.045.091.543	93.422.961.036	89.345.207.557	69.694.797.678	58.820.407.295
19	91.390.449.556	175.661.644.520	175.883.513.978	170.184.588.526	156.803.003.243	151.991.151.656	84.271.194.963	84.493.064.421	78.794.138.970	65.412.553.686	60.600.702.099
20	109.942.124.950	205.154.783.964	203.595.160.906	199.515.798.848	179.756.009.659	168.804.253.806	95.212.659.014	93.653.035.956	89.573.673.898	69.813.884.709	58.862.128.856
21	108.258.200.160	193.548.561.674	192.368.386.124	188.768.448.162	170.405.160.644	161.049.780.129	85.290.361.514	84.110.185.964	80.510.248.001	62.146.960.483	52.791.579.968
22	104.647.402.162	190.724.632.986	189.457.488.964	185.849.585.815	167.488.113.255	158.616.605.918	86.077.230.824	84.810.086.802	81.202.183.654	62.840.711.094	53.969.203.757
23	98.578.036.025	184.016.534.318	182.748.452.651	179.100.259.204	160.618.940.444	151.915.362.739	85.438.498.293	84.170.416.626	80.522.223.180	62.040.904.419	53.337.326.714
24	102.251.528.938	195.134.601.200	193.435.413.927	189.507.342.160	170.978.702.657	162.386.539.286	92.883.072.262	91.183.884.989	87.255.813.222	68.727.173.719	60.135.010.348
25	106.690.636.188	200.513.306.482	198.795.954.606	194.741.470.860	176.110.123.259	167.369.883.235	93.822.670.294	92.105.318.418	88.050.834.672	69.419.487.071	60.679.247.047
26	117.965.130.115	203.187.627.172	201.862.287.608	198.382.630.343	180.314.821.221	171.220.875.028	85.222.497.057	83.897.157.492	80.417.500.228	62.349.691.105	53.255.744.913
27	119.400.644.154	203.416.764.376	202.154.101.663	198.960.329.918	181.323.609.509	172.107.905.408	84.016.120.222	82.753.457.509	79.559.685.764	61.922.965.355	52.707.261.254
28	59.187.590.239	141.421.881.001	139.248.598.367	135.285.900.568	120.825.217.836	111.916.321.638	82.234.290.762	80.061.008.128	76.098.310.329	61.637.627.597	52.728.731.399
29	-9.713.571.342	62.416.582.037	61.924.080.075	59.658.259.312	42.927.106.588	33.428.194.343	72.130.153.379	71.637.651.418	69.371.830.654	52.640.677.931	43.141.765.686
30	14.614.791.106	85.950.319.481	85.556.694.481	83.760.960.213	66.882.976.242	56.686.211.757	71.335.528.376	70.941.903.376	69.146.169.107	52.268.185.137	42.071.420.651
VAN							**711.276.108.163**	**697.961.382.445**	**663.367.878.201**	**535.100.448.895**	**458.807.305.623**

5. ESCENARIOS Y MODELO DE REGULACIÓN

5.1. ESCENARIOS DE RIEGO

La zona regable tiene actualmente en riego una extensión de 46.685 ha netas, con muy baja seguridad. Además, existe una superficie de 3.003 ha de cultivo en secano, unas 2.339 ha de superficie arable que no se cultiva, y 3.115 ha de superficie sin uso (de la cual podrían cultivarse con riego 2.594 ha, y en secano 521 ha). El objetivo del proyecto es asegurar el riego de la superficie actual (al 85%), incorporando otras 6.700 ha actualmente en secano, no cultivadas o sin uso, con la misma seguridad de riego.

La zona regable ha sido organizada en 11 sectores de riego, en correspondencia con unidades territoriales homogéneas (características agroclimáticas, uso del suelo, etc.). El estudio agronómico ha determinado las demandas de riego actuales y futuras en cada sector, considerando las superficies correspondientes y las eficiencias en cada tipo de riego.

Además de la Situación Actual (Escenario 0) y de la Situación Futura (Escenario 1), que corresponde a la máxima zona regable con el 85% de seguridad, se han considerado otros 4 escenarios posibles en situación futura con embalse, cada uno de ellos con su correspondiente coste de mejora de las infraestructuras hidráulicas y beneficios de la producción agraria. En cada caso, las diferencias entre los flujos de beneficios de la producción agrícola en esos escenarios y los beneficios de la producción en situación actual, obtendrán los márgenes que deben contrastarse con la inversión necesaria.

- Escenario 1: corresponde a la máxima zona regada con el 85% de seguridad (53.404 ha), y por tanto requiere el mayor volumen de embalse.
- Escenario 2: se excluye de la zona regada el sector 11, cuya superficie regada actualmente, se hace principalmente mediante captaciones de los esteros Quete-Quete y Guayquillo, afluentes del río Lontué, aunque dichos esteros se alimentan básicamente de derrames de canales de riego del río Teno.
- Escenario 3: se excluyen también los sectores 9 y 10. La superficie actualmente regada del sector 10, lo hace en precario de captaciones de los esteros Tilicura-Comalle y Teno-Chavelo. La superficie actualmente regada del sector 9, lo hace de captaciones rústicas directas del río Teno.
- Escenario 4: se excluye adicionalmente la totalidad de la superficie actualmente arable no cultivada que había sido incorporada, y también toda la superficie que había sido incorporada sin uso actual y potencialmente cultivable con riego.
- Escenario 5: se sustrae de la zona de riego la totalidad de la superficie actualmente cultivada en secano que había sido incorporada.

En la tabla siguiente se presenta un resumen comparativo de los usos del suelo para cada escenario considerado.

Tabla 5-1 Comparación de superficies de los escenarios

Usos de la superficie	Situación actual (ha)	Superficies (ha) por escenarios				
		Esc.1	Esc.2	Esc.3	Esc.4	Esc.5
Cultivada con riego	46.685	53.404	53.241	52.893	49.278	46.689
(cultivada con riego, con agua del embalse)	0	53.404	50.668	48.482	45.080	42.490
Cultivada en secano	3.003	337	337	413	413	3.003
Arable pero no cultivada	2.339	357	488	638	2.339	2.339
Sin uso, potencialmente cultivable con riego	2.594	525	556	677	2.591	2.591
Sin uso, potencialmente cultivable en secano	521	521	521	521	521	521
Forestal, bosque nativo, matorral	2.796	2.796	2.796	2.796	2.796	2.796
Improductivo (infraestructuras, caminos, etc.)	6.009	6.009	6.009	6.009	6.009	6.009
Total	63.948	63.948	63.948	63.948	63.948	63.948

5.2. MODELO DE REGULACIÓN

Con las demandas hídricas correspondientes a estos escenarios, se ha generado un modelo de regulación que ha determinado las capacidades de embalse necesarias para obtener una seguridad de riego >85% a las superficies consideradas. Debe señalarse que algunas superficies de riego incluidas se abastecen actualmente de derrames de otros sectores o carecen de las infraestructuras de riego correspondientes, habiendo considerado en el escenario futuro la modernización, ampliación o construcción de estas infraestructuras, sumando el coste correspondiente al del embalse. En situación futura se contemplan tres soluciones de embalse: Los Queñes, La Jaula-1 y La Jaula-2. Los principales resultados del estudio de regulación proporcionan los siguientes volúmenes de embalse.

Tabla 5-2. Volumen de regulación para seguridad de riego del 85%, según soluciones y escenarios

SOLUCIÓN DE EMBALSE	Escenario	Volumen total (hm³)	Volumen útil para riego (hm³)	Volumen de demanda (hm³/año)	Superficie regada (ha)
LOS QUEÑES	1	213	209	707	53.404
	2	176	172	676	50.668
	3	156	152	652	48.482
	4	127	123	606	45.080
	5	106	102	567	42.490
LA JAULA (1 y 2)	1	181	177	707	53.404
	2	160	156	676	50.668
	3	139	135	652	48.482
	4	115	111	606	45.080
	5	90	86	567	42.490

6. DISEÑO DE LAS OBRAS

6.1. MURO DE PRESA

En base a la geometría de la cerrada, relativamente abierta, y sobre todo a las condiciones geotécnicas y el importante desarrollo del depósito aluvial, la tipología de muro adoptada para Los Queñes es de materiales locales tipo CFRD (*Concrete Faced Rock Fill Dam*). En La Jaula-1 y La Jaula-2, las geometrías de las cerradas también son relativamente abiertas, y aunque los recubrimientos aluviales y de terrazas o lahares parecen moderados, la limitada velocidad sísmica del sustrato hace también aconsejable un tipología de materiales sueltos tipo CFRD. En los tres casos, la sección es semejante, mostrando sólo diferencias en la altura y en el sustrato de apoyo.

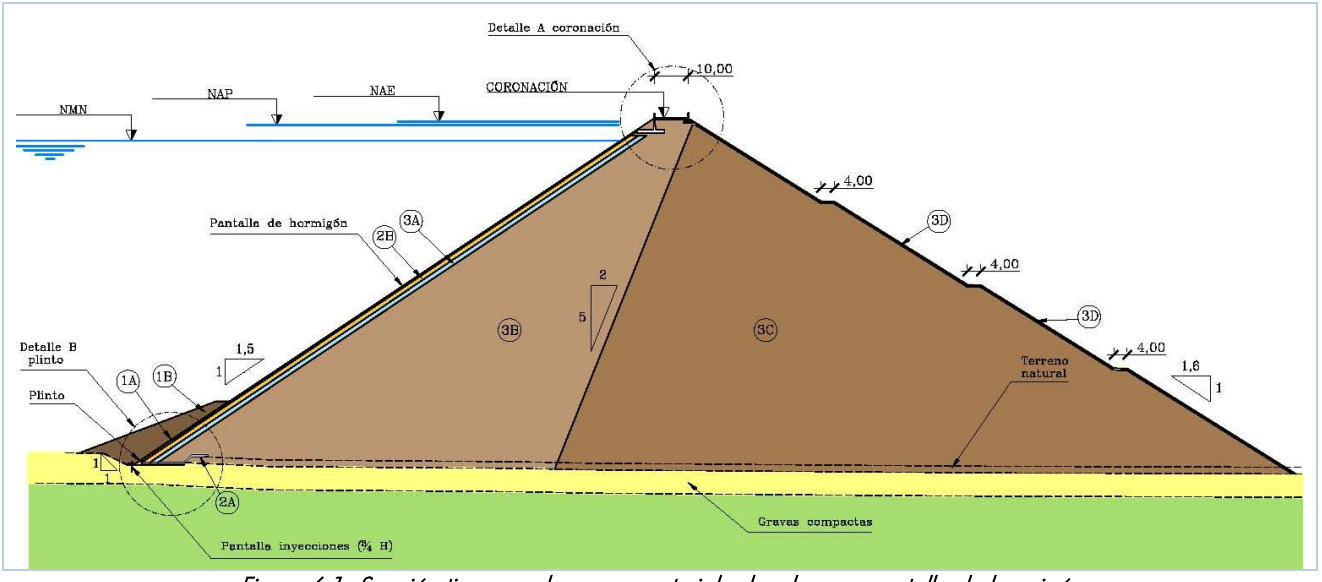


Figura 6-1 Sección tipo para la presa: materiales locales con pantalla de hormigón

Los taludes en estas presas, después de haber comprobado su estabilidad, son los habituales para estas tipologías y materiales: aguas arriba 1V:1,5H y aguas abajo 1V:1,6H. La impermeabilización se obtiene mediante una pantalla de hormigón con espesor variable (mín. 30 cm) y juntas verticales cada 16 m, apoyada sobre dos capas de material seleccionado de mayor permeabilidad para garantizar el drenaje del cuerpo de la presa.

El cuerpo de presa se ha zonificado en dos zonas: aguas arriba, compuesta por gravas aluviales en capas de 90 cm, y aguas abajo más heterogénea, compuesta por gravas aluviales y roca sana extraída de las excavaciones, compactadas en capas de 120 cm. Mediante esta disposición se pretende compatibilizar el volumen total de relleno con los materiales disponibles en el embalse. La pantalla de hormigón apoya sobre un plinto de 40 cm, y éste a su vez sobre una superficie regularizada. El zócalo externo del plinto se anclará al terreno ntación mediante una serie de anclajes y se asegurara el contacto mediante inyecciones de consolidación de 5 m de profundidad. La impermeabilización de la presa se completa con una pantalla de inyecciones desde el plinto cada 3 m, con una profundidad de 2/3 de la altura de agua.

6.2. EVACUADOR DE CRECIDAS

El evacuador de crecidas es un elemento de control cuyo diseño proporciona un comportamiento óptimo de caudales cuanto más se aproxime al perfil descrito por la lámina de agua inferior vertiente. La obra se plantea mediante un vertedero lateral independiente del cuerpo de la presa, compuesta por un vertedero, canal colector, rápido de descarga y trampolín final. Su diseño hidráulico se ha realizado siguiendo la metodología descrita en la publicación técnica *"DESING OF SMALL DAMS"* del U.S. Bureau of Reclamation.

Cabe destacar que se ha estudiado la topografía del emplazamiento de cada presa con detalle, siguiendo las indicaciones del estudio geológico-geotécnico realizado, para determinar la mejor ubicación, acorde con el cálculo hidráulico, la pendiente del terreno, clase y volumen de excavación, estabilidad de los taludes resultantes de la excavación, etc. En La Jaula-1 se ubica en la margen izquierda del río, mientras que en La Jaula-2 se sitúa en la margen derecha. En la presa de Los Queñes el evacuador de crecidas se diseña con vertedero frontal en la margen izquierda del río.

Las presas pertenecen a la categoría C (grandes embalses) según el Reglamento de Obras Mayores de la DGA. Por tanto, el caudal de diseño corresponde a un periodo de retorno de 1.000 años. Para el embalse de Los Queñes $Q_{1.000}$ = 1.117 m³/s; para La Jaula 1 y 2, $Q_{1.000}$ = 896 m³/s. El diseño fue verificado para la crecida asociada a un periodo de retorno de 10.000 años, de forma que el nivel máximo extraordinario del embalse no supere la coronación. En Los Queñes $Q_{10.000}$ = 1.479 m³/s y en La Jaula (1 y 2) $Q_{10.000}$ = 1.159 m³/s.

6.3. OBRAS DE DESVÍO DEL RÍO. TOMA Y DESAGÜE DE FONDO

El desvío del río se diseña con dos túneles gemelos, que serán posteriormente utilizados como desagüe de fondo y toma de agua, cerrando la entrada al desvío mediante el hormigonado de tapones. Cada túnel tiene sección en herradura de 6 m de ancho para La Jaula (1 y 2) y 8 m para Los Queñes, con banqueta de 3,00 m en La Jaula y 4,00 m en Los Queñes. Este dimensionamiento se obtuvo en función del caudal de diseño, para lámina libre. El caudal de diseño para las obras de desvío ha sido el correspondiente a la crecida de 20 años de periodo de retorno: Q_{20} = 492 m³/s en La Jaula (1 y 2), y Q_{20} = 579 m³/s en Los Queñes. Además, se proyecta una ataguía de materiales locales compactados, aguas arriba de la presa, con taludes 1,8H:1V en ambos lados y ancho de coronación de 5 m. La altura de las ataguías se obtiene a partir de los cálculos de la curva de descarga de las galerías.

El desagüe de fondo y la toma intermedia tienen la función de suministrar los caudales regulados por el embalse (riego y caudal ecológico), y permitir un desembalse rápido parcial, o total. Ambos elementos se componen de torre de toma, galería o túnel, cámara de compuertas y obra de restitución al río. La incorporación al río de los caudales a través del desagüe de fondo y/o de la toma, se realiza con ayuda de un cuenco disipador de energía tipo USBR, que permite la entrega al río sin provocar erosiones. Para estas obras de amortiguamiento, se considera la máxima energía con la que podría llegar el flujo para el caudal de diseño.

6.4. OBRAS COMPLEMENTARIAS

6.4.1. Variantes de interferencia

Sobre la cartografía disponible, se han identificado los caminos e infraestructuras afectados por la ejecución de las obras, considerando su reposición con objeto de darles continuidad a su trazado, y facilitar la debida accesibilidad a las presas. La principal vía de comunicación afectada por la inundación es la ruta J-55, que discurre paralela al río Teno.

6.4.2. Mejora de las infraestructuras de riego

En la situación futura, se ha considerado la incorporación a la zona regable de algunas superficies de riego que requieren la realización o mejora de algunas infraestructuras menores para hacer efectivo el riego:

- Actualmente el Sector 10 se riega en precario mediante captaciones rústicas y pequeños canales en tierra desde el estero Tilicura-Comalle y el estero Teno ó Chavelo, que se alimentan principalmente de derrames de otros canales del Teno más altos. La solución sería aportar el agua a través del Canal Comalle, tras mejorar ligeramente su capacidad en 14,5 km del trazado y algún tipo de mejora localizada. El estero Teno recoge sobrantes del Canal Compuerta de Teno; por tanto se plantea aportar el agua a través de este canal, adecuando una longitud de 3,5 km para mejorar su capacidad y prolongando un tramo de 6 km hasta enlazar físicamente el canal Compuerta de Teno con el estero. Además, es preciso realizar la adecuación de 12 km del cauce del estero Tilicura-Comalle y 5 km del estero Teno, regularizando su trazado y pendiente, y desbrozándolos.
- Actualmente se riega el Sector 11 desde captaciones en el estero Quete-Quete. La mejor forma de asegurar el riego es aportando los caudales a través del Canal Comunidad de Guindos, adecuando un tramo de 3,5 km para mejorar su capacidad y prolongando su trazado 6,5 km hasta alcanzar el estero Quete-Quete. Se requiere aumentar la capacidad del canal un 20% y adecuar 4 km el cauce del estero, para regularizar su trazado y pendiente, y desbrozarlo.
- No se han proyectado canales matrices desde el embalse hasta la zona de riego, porque la orografía entre las presas y la zona de riego permite conducir los caudales demandados por gravedad. No se justifica la construcción de canales artificiales de distribución, empleándose el propio cauce del río para ello. Las pérdidas en el río, que no se estiman importantes, se consideran compensadas por un pequeño aumento de la capacidad de embalse estrictamente necesaria.

6.4.3. Sistema remoto de aforo de caudales

Se incorpora a las obras un sistema remoto de medición de caudales, transmisión de datos y centralización en un Centro de Control. El sistema estaría compuesto por 12 estaciones de medida de caudales ubicadas en las principales bocatomas de los canales, que enviarían la señal hasta el Centro de Control ubicado en las oficinas de la Junta de Vigilancia del río Teno, en Curicó. Por otra parte, se construirá una estación fluviométrica a pie de presa, que transmitirá la señal vía cable hasta un centro de control secundario ubicado en la propia presa. Desde allí, se reenviará la señal vía radio hasta el Centro de Control principal instalado en la Junta de Vigilancia, incorporando así los datos sobre caudales totales evacuados por la presa.

El sistema de enlace proyectado es vía radiofrecuencia, por ser el más seguro, sencillo y fiable para las condiciones de uso en alta montaña, de difícil climatología y sin infraestructuras consolidadas de telecomunicación, proporcionando un medio de comunicación seguro y de bajo coste de mantención, para el envío de señales analógicas y digitales a larga distancia. La alta calidad del emisor de radio permitirá trabajar en cualquier condición ambiental.

6.5. POSIBLE CENTRAL HIDROELÉTRICA

Para valorar adecuadamente la rentabilidad de la inversión del embalse, es necesario considerar el eventual aprovechamiento hidroeléctrico, compatible con el uso para riego. Para ello, se ha valorado su potencial y los costes de inversión necesarios. En las tres soluciones de embalse, La Jaula 1 y 2 y Los Queñes, se considera una central a pie de presa equipada con 2 turbinas Francis, con una potencia conjunta de 21,6 a 29,7 MW (según solución de embalse), que obtienen una generación media anual de 76,7 a 92,8 GWh/año.

7. ESTUDIO DE TENENCIA DE LA TIERRA

Los terrenos se sitúan administrativamente en la provincia de Curicó, en las comunas de Teno y Romeral, siendo el río Teno el límite político administrativo entre ambas comunas.

Se asumió que el área de afección correspondiente a cada solución de embalse estaría determinada por la curva de nivel a la cota de la coronación de la presa (en el escenario de mayor volumen) hacia aguas arriba. En base a la revisión de los antecedentes disponibles en el Servicio de Impuestos Internos, mas aquellos obtenidos directamente con la Junta de Vigilancia, se obtuvo un catastro de las propiedades particulares que se verán afectados por la construcción de cada embalse. No existe información de deslindes para los roles asociados a la zona del proyecto, ya que los mosaicos de propiedades no cubren la parte alta de la cuenca, existiendo solo información en la zona desde la población de Los Queñes hacia aguas abajo.

Las propiedades afectadas por las zonas inundables corresponden a 6 predios, de los cuales uno se ubica en la comuna de Teno y los otros cinco en la comuna de Romeral. Una vez identificadas las propiedades afectadas por el proyecto, se realizó una estimación de las áreas de expropiación afectas en cada predio, Para el caso del embalse Los Queñes se espera una expropiación aproximada de 250 ha, para el embalse de La Jaula-1, la superficie a expropiar sería de unas 246 ha, y para el embalse de La Jaula-2 la superficie sería de unas 262 ha.

8. ESTUDIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL

De acuerdo con los estudios de línea de base, ninguna de las soluciones de embalse presenta restricciones ambientales absolutas. Sin embargo, el proyecto considera medidas de mitigación, de reparación y de compensación. Las dos soluciones de embalse propuestas inundan sitios con bosque nativo, por lo cual será necesario realizar un "Plan de Manejo, Corta y Reforestación de Bosques para ejecutar Obras Civiles", acogiéndose a la Ley 20.283 de 2008, lo cual requerirá el levantamiento de información complementaria, una vez sean definidas con precisión las áreas reales a afectar por el embalse de dimensiones definitivas.

De acuerdo a los resultados de la línea de base del medio humano, las zonas afectadas por ambas soluciones de embalse no se encuentran insertas en áreas de desarrollo indígena, así como tampoco se da cuenta de la existencia de comunidades indígenas, de acuerdo a los datos censales existentes a la fecha.

En base a los antecedentes estudiados y los avances de ingeniería de la presente etapa de prefactibilidad, no es fácil diferenciar claramente entre las dos alternativas (La Jaula 1 y 2 son prácticamente coincidentes), cuál es preferente desde el punto de vista ambiental, aunque previsiblemente los impactos de la presa de Los Queñes, muy próxima a la población del mismo nombre, sean mayores a nivel social. Así se percibe también de las reuniones de participación ciudadana. Durante la construcción, las soluciones de La Jaula involucran mayor volumen de movimiento de tierras que Los Queñes y mayor volumen de muro a construir.

En la solución de Los Queñes la cobertura vegetal es de bosque nativo con muy escasa presencia de plantaciones forestales. No se observan apenas cultivos, pero sí empastadas para ganado vacuno. El valle del Teno se presenta encajonado y las laderas están cubiertas con bosque nativo. El sector queda situado en pleno sitio prioritario *Cajón del río Teno*, con presencia del bosque caducifolio de montaña y Ciprés de la Cordillera (especie en categoría de conservación) y con apreciable riqueza faunística patrimonial. Cabe mencionar que los taludes ribereños constituyen el hábitat del loro Tricahue.

Las soluciones de La Jaula se sitúan aguas arriba, a mayor altitud; sin embargo se detectó mayor uso agrícola, focalizado en terrazas fluviales en ambas riberas. El paisaje está dominado por laderas cubiertas con vegetación forestal, de similares características ambientales: está incluida en el sitio prioritario *Cajón del río Teno*, existe anidamiento del loro Tricahue en taludes ribereños y tiene alto valor paisajístico. El uso turístico se presenta más restringido que en Los Queñes, por la mayor altitud.

En la tabla siguiente se presenta un resumen de los impactos ambientales identificados, distinguiendo aquellos que son significativos y la etapa del proyecto en que se produce.

Tabla 8-1. Resumen de impactos ambientales significativos para cada alternativa y etapa del proyecto

IMPACTO AMBIENTAL	Construcción	Operación	Abandono
I-CA1: Deterioro calidad del aire por emisiones procedentes de combustibles derivados del petróleo y rodados. Material particulado	✓	✓	
I-RU1: Generación de ruido ambiental sobre la norma en puntos sensibles	✓	✓	
I-HI2: Interrupción del flujo de agua en cursos de agua tributarios al río Teno interceptados	✓		
I-CAG1: Deterioro de la calidad del agua para riego	✓	✓	
I-GM1: Alteración estabilidad de laderas fluviales	✓	✓	
I-SU1: pérdida de suelo vegetal en suelos productivos	✓		
I-US3: Pérdida de suelo con uso agrícola	✓		
I-SU4: Pérdida de suelos consagrados a actividad recreativa y de conservación en suelos con cobertura de vegetación natural	✓		
I-FL1: Eliminación de cobertura leñosa de vegetación natural por tala de árboles	✓		
I-FL2: Eliminación de especies de la flora protegidas	✓		
I-FA1: Daño al hábitat de fauna silvestre asociada a cuerpos de agua fluvial	✓	✓	✓
I-FA2: Daño al hábitat de especies protegidas	✓	✓	
I-FA3: Eliminación de hábitat para anidamiento de Loro Tricahue en sector de taludes	✓	✓	
I-FA4: Eliminación de superficie de bentos	✓		
I-FA5: Eliminación de sitios de alimentación de loro Tricahue	✓		
I-BI1: intervención en área protegida	✓	✓	
I-PT1: Instalación del proyecto en aéreas reguladas por PRDU Maule, Plan Desarrollo Turístico Maule y Ordenanza local sobre Medio Ambiente	✓		
I-PT2: Pérdida de acceso a elementos del patrimonio recreativo (alta montaña de la cuenca del Teno y zonas con bosque nativo) definidos por el PRDU Maule.	✓	✓	
I-AH1: Pérdida de bienes inmuebles en propiedades afectadas por expropiaciones.	✓		
I-AH2: : Daño a la calidad de vida de residentes del AID por cambio en condiciones de orientación de uso del territorio		✓	
I-VT1: Daño a conectividad local	✓		
I-VT2: Daño a pasarela en La Jaula.	✓	✓	
I-PC1: Pérdida de elementos con valor cultural	✓		
I-PE1: Pérdida de valor paisajístico de la cuenca del Teno	✓	✓	✓
I-PE2: Pérdida de acceso visual a escenas con valor paisajístico	✓	✓	✓

También se ha realizado el análisis de pertinencia de ingreso al SEIA (de forma preliminar, ya que no se cuenta con el diseño definitivo de las obras), según la Ley 19.300 de Bases del Medio y sus posteriores modificaciones (Ley 20.417). Un proyecto de embalse en el río Teno debe ingresar al SEIA, pues corresponde al tipo de proyectos enunciados en la letra (a) del artículo 10.

Respecto de la forma de evaluación ambiental contemplada en la Ley de bases y en el Reglamento, no es posible en esta fase del proyecto tener una visión clara sin poder analizar el área de inundación definitiva, la localización de campamentos de obra, de las plantas de áridos, de las zonas de explotación de empréstitos, botaderos, etc. En todo caso se debe considerar la existencia del Área Prioritaria del Cajón del río Teno.

Se considera que el proyecto deberá ingresar al SEIA a través de un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental en razón de las letras (a), (d) y (e) del artículo 11 de la Ley 19.300. La letra (a) del artículo 11 se refiere, como efectos negativos, al "*reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos*". Si bien a nivel de prefactibilidad no es posible cuantificar estos efectos, sí es posible identificar que se verán afectadas comunidades rurales establecidas en este territorio, y consideradas "*caseríos*" por el INE.

Respecto del artículo 11, letra (d), se considera efecto negativo la localización del proyecto "*en o próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas, sitios prioritarios para la conservación*". Al respecto, el SEIA se apoya en la Ordenanza 100143 para el reconocimiento de los Sitios Prioritarios del país, y su génesis es regional, pues son territorios propuestos por comisiones regionales. En muchos casos, carecen de plan de manejo y hasta de cartografías de apoyo.

9. ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Al comienzo de los trabajos, durante la caracterización del entorno social del Proyecto, se identificaron los agentes sociales y sus representantes, realizando con ellos las primeras reuniones. Adicionalmente, se mantuvieron entrevistas con 9 *informantes clave*, con el objeto de caracterizar el ámbito socioeconómico de los futuros usuarios e identificar los actores relevantes a convocar en las reuniones de PAC. Para difundir los objetivos y alcances del estudio, se realizaron reuniones con la Directiva de la Junta de Vigilancia del Río Teno y con algunas autoridades locales. Además, se planificaron 3 reuniones de participación ciudadana.

La 1ª reunión se realizó el 06 de marzo de 2013 a las 10:30h, en el Salón de Honor del Cuerpo de Bomberos de Curicó, con el objetivo de informar y recabar información relevante para el proyecto desde la perspectiva de la comunidad e instituciones relacionadas con ella. Esta reunión tuvo una audiencia de unas 110 personas, en su mayoría regantes.

La 2ª reunión se organizó el día 8 de agosto de 2013 en dos lugares distintos: a las 10:00 h en la comuna de Teno y a las 18:00 h en el sector Los Queñes de la comuna de Romeral, con el objetivo de mostrar las alternativas del estudio, conocer y considerar las opiniones o información que sobre ellas pueda tener la comunidad. La primera tuvo una asistencia de aproximadamente 60 personas, en su mayoría regantes, y la segunda tuvo una asistencia mayor, cercana a las 100 personas.

La 3ª reunión de PAC, tuvo lugar el día 26 de marzo de 2014 en dos lugares distintos: a las 10:00 h en la comuna de Curicó y a las 19:00 h en el sector Los Queñes de la comuna de Romeral, con el objetivo de informar los resultados del estudio y los pasos siguientes del proyecto. La primera tuvo una asistencia de unas 90 personas, y la segunda tuvo una asistencia muy limitada, de unas 15 personas.

10. ASESORÍA LEGAL Y TÉCNICA SOBRE DERECHOS DE AGUA

Los trabajos de asesoría legal y técnica realizados han sido la prestación de servicios de consultoría en materia de derechos de aprovechamiento de aguas, a los regantes que integran las organizaciones de usuarios, en relación con los trámites para efectuar la regularización de los derechos que ostentan. Para ello, se contó con abogados expertos en el campo del Derecho Administrativo.

Estos servicios se articularon a través de consultas directas en la materia, realización de Talleres, la distribución de un Instructivo y la suscripción de un compromiso formal de inicio de los trámites de regularización, que se realizó con el Presidente de la Asociación de Canalistas del Río Teno.

El primer Taller Legal, impartido por el abogado asesor de TYPSA, tuvo lugar el 25 de julio de 2013, a las 16:00 h, en Auditorio de la Gobernación Provincial de Curicó. El segundo Taller Legal, fue impartido por la abogada asesora de la CNR, y tuvo lugar el 14 de enero de 2014 a las 10:30 h, en el Salón de la Gobernación de Curicó. A estos talleres acudieron el Presidente de la Asociación de Canalistas, su abogado, el Administrador, los principales representantes del Directorio y también algunos Presidentes de los Canales más importantes.

Se expuso a los asistentes un diagnóstico de la situación legal actual de los derechos de aprovechamiento de aguas que tienen otorgados los asociados, y la necesidad de que regularicen sus derechos antes de que culminen las fases de diseño del embalse. Los asistentes agradecieron las aclaraciones legales, manifestando que cumpliendo el Convenio suscrito, ya habían iniciado los trámites de regularización.

11. EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA

La evaluación económica del proyecto se realiza contrastando sus costes y beneficios, incluyendo el cálculo de indicadores económicos y desarrollando análisis de sensibilidad a la mejor solución.

El principal indicador de rentabilidad corresponde al Valor Actual Neto (VAN). Este indicador económico es prioritario para seleccionar la alternativa óptima económica, debido a que permite comparar la rentabilidad en términos absolutos, de proyectos con inversiones de distinta magnitud.

Además, como complemento, se determina la Tasa Interna de Retorno (TIR), el cociente entre VAN/Inversión (VAN/I) y el indicador n/k, que es la razón entre los flujos positivos y los flujos negativos. Los parámetros básicos para el cálculo de estos indicadores han sido los costos de inversión y de mantenimiento, el beneficio anual esperado y las tasas de descuento.

Se ha considerado un horizonte de evaluación de 30 años, y no se consideran impuestos de ningún tipo. Se ha utilizado el nivel de precios a fecha de julio 2013, que queda dado por un dólar norteamericano de $ 566, y una UF de $ 22.950.

11.1. COSTES

Los costes considerados en el análisis económico son:

a) Coste inicial del proyecto (Los Queñes / La Jaula-1 / La Jaula-2).
b) Coste de operación y mantención de las obras de riego.
c) Coste de la eventual central hidroeléctrica a pie de presa.

11.1.1. Coste inicial del proyecto

El coste inicial del proyecto se distribuye en 4 grupos: costos directos de construcción de la infraestructura, costos ambientales de las medidas de mitigación, costos de expropiaciones y otros costos (contingencia, imprevistos, gastos generales y utilidades).

Los costes directos de construcción de la infraestructura (incluyendo la presa, sus elementos de desagüe y obras de desvío, el evacuador de crecidas, las variantes de interferencia, las obras de mejora de las infraestructuras de riego y el sistema remoto de aforo de caudales), se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla 11-1. Resumen de Costos directos del embalse (millones de $)

Embalse/Escenario	Esc . 1	Esc . 2	Esc . 3	Esc . 4	Esc . 5
PRECIOS DE MERCADO					
Embalse Los Queñes	203.444	192.761	187.754	179.351	172.184
Embalse La Jaula-1	181.458	172.465	166.246	153.073	141.276
Embalse La Jaula-2	155.447	140.191	134.732	125.355	114.543
PRECIOS SOCIALES					
Embalse Los Queñes	168.883	159.473	155.013	147.601	141.257
Embalse La Jaula-1	153.673	145.841	140.359	128.858	119.043
Embalse La Jaula-2	133.122	119.536	114.742	106.775	97.178

Sobre los costes directos de construcción, se ha agregado un 8% en contingencia y un 5% de imprevistos, y a la suma de todos ellos (costos directos, contingencia e imprevistos) se ha agregado además un 40% en concepto de gastos generales y utilidades.

Para evaluar los costos de las medidas ambientales, se han diferenciado medidas de adecuación de programas de ingeniería (API), Implementación de prácticas ambientales (IPA), Planes de Contingencia (PC), Planes de Prevención (PP), Capacitación (C) y realización de Estudios ambientales específicos (E).

Tabla 11-2. Resumen de costos ambientales (millones de $)

Solución Embalse/Escenario	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Embalse Los Queñes	4.514	4.461	4.426	4.240	4.186
Embalse La Jaula-1	4.697	4.603	4.590	4.297	4.239
Embalse La Jaula-2	4.579	4.491	4.457	4.327	4.274

Una vez identificadas las propiedades afectadas por el proyecto (Los Queñes / La Jaula-1 / La Jaula-2), se estimaron las áreas de expropiación afectas en cada predio de forma aproximada, diferenciando para cada solución y escenario, con los siguientes precios de expropiación:

- Terrenos agrícolas (promedio):..... 20.000.000 de pesos/ha
- Terrenos forestales (exóticas):..... 15.000.000 de pesos/ha
- Terrenos forestales (nativas): ..... 10.000.000 de pesos/ha
- Otros usos (promedio): ..... 4.500.000 de pesos/ha

Finalmente, los presupuestos de expropiaciones obtienen las cantidades que se muestran en la tabla.

Tabla 11-3. Resumen de Costes de expropiación (millones de $)

Solución Embalse/Escenario	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
Embalse Los Queñes	5.318	5.033	4.843	3.846	3.558
Embalse La Jaula-1	4.259	3.875	3.821	2.625	2.389
Embalse La Jaula-2	4.216	3.870	3.738	3.225	3.013

11.1.2. Costes de operación y mantención

En base a la valoración de este tipo de proyectos, los costes anuales de operación de las obras se han evaluado como el 1% del coste directo de construcción.

Tabla 11-4. Costes de operación de las obras (millones de $)

Solución Embalse/Escenario	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
PRECIOS DE MERCADO					
Embalse Los Queñes	2.034	1.928	1.878	1.794	1.722
Embalse La Jaula-1	1.815	1.725	1.662	1.531	1.413
Embalse La Jaula-2	1.537	1.458	1.404	1.289	1.190
PRECIOS SOCIALES					
Embalse Los Queñes	1.689	1.595	1.550	1.476	1.413
Embalse La Jaula-1	1.537	1.458	1.404	1.289	1.190
Embalse La Jaula-2	1.331	1.195	1.147	1.068	972

11.1.3. Coste de la central hidroeléctrica

El coste directo de construcción de la eventual central hidroeléctrica (a precios de mercado), así como su coste anual de operación, se ha determinado en función de la potencia instalada. Al coste directo se aplica un 45% en gastos generales y utilidades (algo más altos que en la infraestructura de la presa).

Tabla 11-5. Resumen de costos de la central hidroeléctrica en Los Queñes, precios de mercado (millones de $)

Escenario	Potencia instalada (MW)	Costo casa de máquinas (MM $)	Costo resto equip. (MM $)	Costo línea eléctr. (MM $)	Costo Directo Total (MM $)	Costo mantención (MM $/año)
1	22,92	6.214	3.300	2.477	11.991	54,83
2	20,69	5.678	2.979	2.477	11.135	51,62
3	18,99	5.270	2.735	2.477	10.482	49,07
4	16,88	4.764	2.431	2.477	9.672	45,78
5	15,14	4.346	2.180	2.477	9.003	42,93

Tabla 11-6. Resumen de costos de la central hidroeléctrica en La Jaula-1, precios de mercado (millones de $)

Escenario	Potencia instalada (MW)	Costo casa de máquinas (MM $)	Costo resto equip. (MM $)	Costo línea eléctr. (MM $)	Costo Directo Total (MM $)	Costo mantención (MM $/año)
1	20,86	5.719	3.004	3.199	11.922	51,87
2	19,37	5.362	2.789	3.199	11.350	49,65
3	17,59	4.934	2.533	3.199	10.667	46,91
4	15,14	4.346	2.180	3.199	9.726	42,93
5	13,04	3.842	1.878	3.199	8.919	39,31

Tabla 11-7. Resumen de costos de la central hidroeléctrica en La Jaula-2, precios de mercado (millones de $)

Escenario	Potencia instalada (MW)	Costo casa de máquinas (MM $)	Costo resto equip. (MM $)	Costo línea eléctr. (MM $)	Costo Directo Total (MM $)	Costo mantención (MM $/año)
1	20,76	5.695	2.989	3.199	11.884	51,72
2	19,28	5.340	2.776	3.199	11.316	49,51
3	17,48	4.908	2.517	3.199	10.624	46,73
4	15,05	4.325	2.167	3.199	9.691	42,78
5	12,93	3.816	1.862	3.199	8.877	39,12

11.2. BENEFICIOS

Los beneficios considerados para la evaluación económico-financiera, han sido los siguientes:

a) Riego (según método del presupuesto)
b) Generación hidroeléctrica
c) Valor incremental de la tierra
d) Control de crecidas
e) Turismo
f) Agua potable rural

11.2.1. Beneficios derivados del riego

El principal beneficio de la construcción de un embalse es el aumento en la seguridad de riego, lo que permite mejorar el potencial productivo de los cultivos. Pero además, el embalse permite también incorporar cultivos de mayor rentabilidad, que requieren una mayor inversión con riesgo, que no se hubiera producido sin la seguridad de riego que proporciona el embalse. El beneficio agroeconómico neto del proyecto se obtiene como diferencia entre los márgenes netos de las situaciones con (SCP) y sin proyecto (SSP), que fueron determinados en el estudio agroeconómico realizado, según predio promedio, nivel tecnológico y sectores de riego. En términos generales, el efecto beneficioso del proyecto se observa en el aumento de superficie con 85% de seguridad de riego.

En las Tablas siguientes se presenta un resumen con los beneficios asociados al riego para los diferentes tamaños de embalse (Los Queñes, La Jaula-1 y La Jaula-2), en términos del flujo económico neto, con respecto a la situación sin proyecto, a precios de mercado y precios sociales, respectivamente.

Los márgenes netos de los escenarios con y sin proyecto consideran los márgenes brutos obtenidos para cada cultivo en la superficie de riego, menos los costos indirectos y gastos generales, la inversión en riego tecnificado y asistencia técnica. Además, en la Situación Con Proyecto se consideran costos por habilitación de terrenos, debido al cambio de la estructura productiva del suelo. Lo anterior se obtiene primero a nivel de cada predio promedio evaluado, valores que luego son expandidos para cada tipo de predio, sector y el total del área de estudio.

Los costos indirectos y gastos generales corresponden a los incurridos por los agricultores para abordar la administración, contribuciones, contabilidad, mantención de infraestructura, limpia de canales y electricidad, entre otros. Los costos relacionados con la incorporación de sistemas tecnificados de riego se aplican a terrenos que en Situación Actual utilizan métodos tradicionales, tanto en la Situación Sin Proyecto como en Situación con Proyecto, pero con mayor grado de tecnificación en esta última. Lo anterior, contribuye para que se pueda alcanzar la superficie productiva planteada con la seguridad de riego y los rendimientos esperados, considerando la capacidad de los productores de realizar dichas modificaciones con y sin proyecto. Estos costos incluyen la inversión en el sistema de riego y la mantención anual.

También se considera un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica distinto dependiendo del mejoramiento o no de las obras. En la Situación Sin Proyecto se considera un apoyo tecnológico a través de un programa que favorezca la actividad agropecuaria mediante el uso de los nuevos recursos disponibles. Lo anterior es factible mediante la introducción de nuevas tecnologías para el manejo de los rubros productivos. Este programa involucra al 40% de los predios de los niveles tecnológico bajo y medio.

Por otra parte, el desarrollo agropecuario del área de estudio en Situación Con Proyecto requiere necesariamente un programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica que contribuya a aumentar la adopción de tecnologías que permitan potenciar el rendimiento de los cultivos y optimizar el uso de los recursos productivos. Los costos de este programa consideran contratación de personal técnico permanente, asesores e insumos físicos para llevar a cabo esta labor. Este programa tiene una duración variable según el estrato. Además se ha considerado un costo de habilitación de terrenos en cuanto a despedradura, nivelación y acondicionamiento del terreno en general para la implementación de nuevos cultivos.

Tabla 11-8. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Los Queñes. Precios mercado ($)

Año	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
0	0	0	0	0	0
1	-13.076.968.391	-13.193.249.183	-12.729.552.358	-9.514.552.850	-8.099.488.880
2	-5.755.925.119	-6.285.533.322	-6.047.620.702	-2.968.187.478	-1.685.499.505
3	-2.557.942.884	-3.236.735.801	-3.061.588.408	40.346.719	963.582.989
4	-4.084.074.253	-4.615.451.925	-4.289.437.110	-1.446.310.768	-1.003.398.438
5	2.756.149.022	2.285.860.320	2.311.300.066	3.173.976.936	2.190.213.934
6	24.404.162.480	24.252.358.429	21.290.973.832	22.440.196.076	19.891.857.139
7	22.866.887.122	22.132.209.925	21.436.166.607	18.009.516.835	14.377.235.734
8	38.258.649.477	37.288.405.100	36.001.592.123	29.233.341.551	23.806.750.085
9	52.261.292.928	51.954.915.419	48.228.813.405	39.576.651.790	32.368.787.273
10	62.025.373.109	61.629.080.876	57.823.160.630	46.399.023.055	39.020.587.059
11	79.007.886.642	77.848.746.462	73.778.007.058	59.465.355.040	49.838.904.679
12	73.979.698.733	72.661.547.416	69.729.219.807	54.600.209.583	45.579.823.546
13	76.207.119.599	74.866.198.962	71.805.026.372	56.128.341.652	46.915.973.856
14	80.015.527.389	78.591.869.494	75.276.585.215	58.926.350.190	49.479.853.817
15	85.938.118.458	84.256.932.241	80.677.124.642	64.087.793.919	54.598.115.683
16	81.430.605.155	79.971.783.321	76.494.317.279	59.969.917.818	50.464.265.407
17	54.627.980.747	53.594.872.013	46.744.479.673	36.959.297.775	36.666.437.606
18	80.390.295.164	78.977.528.966	75.543.653.857	59.016.187.047	49.491.787.358
19	69.605.741.139	70.021.895.758	64.981.383.863	54.687.619.693	51.183.097.708
20	80.364.384.992	79.009.526.955	75.574.579.370	58.985.746.558	49.413.439.038
21	70.553.617.894	69.578.280.813	66.620.695.148	51.438.103.754	43.431.189.743
22	71.085.434.265	70.023.296.542	67.056.896.556	51.898.876.041	44.353.910.410
23	70.523.223.060	69.460.114.365	66.453.092.646	51.198.744.510	43.804.419.361
24	77.845.998.924	76.355.294.493	73.070.220.945	57.789.053.755	50.501.742.434
25	79.084.488.478	77.575.563.272	74.163.415.534	58.707.187.849	51.239.785.176
26	59.619.035.359	58.499.134.887	55.826.295.550	43.891.695.501	37.202.486.488
27	52.317.212.568	51.255.219.375	48.964.461.283	39.063.833.561	32.942.717.875
28	44.842.143.055	42.995.304.952	40.175.856.942	34.650.186.172	29.481.433.659
29	30.966.510.031	30.602.182.862	29.269.579.070	22.994.060.135	17.892.341.737
30	25.701.455.456	25.439.781.068	24.569.601.477	19.357.723.828	14.015.060.160

Tabla 11-9. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Los Queñes. Precios sociales ($)

Año	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
0	0	0	0	0	0
1	-11.374.537.073	-11.596.485.064	-11.228.369.384	-8.152.520.794	-6.776.361.999
2	-3.741.671.015	-4.384.145.674	-4.253.044.000	-1.364.888.765	-152.463.645
3	-44.229.026	-842.597.313	-785.237.873	2.012.232.849	2.802.943.181
4	-731.491.769	-1.388.299.827	-1.195.385.525	1.149.394.567	1.362.455.572
5	7.801.214.087	7.196.123.613	7.027.265.425	6.988.677.815	5.583.036.989
6	31.079.695.231	30.789.420.171	27.560.322.774	27.468.198.069	24.335.125.781
7	31.054.844.454	30.165.984.843	29.166.944.143	24.111.427.107	19.733.214.904
8	48.227.718.773	47.091.812.254	45.430.060.287	36.631.495.369	30.280.132.743
9	63.807.712.959	63.332.322.002	59.152.850.797	48.089.578.837	39.790.920.545
10	74.999.589.584	74.427.021.512	70.114.278.364	55.977.714.630	47.396.221.928
11	92.997.664.168	91.650.418.458	87.027.562.174	69.737.148.803	58.799.582.633
12	88.508.964.734	86.993.317.434	83.476.144.347	65.223.782.494	54.856.286.445
13	90.680.353.000	89.139.566.195	85.480.457.568	66.692.328.679	56.140.406.535
14	94.554.202.006	92.925.347.726	88.981.632.406	69.508.468.016	58.721.974.529
15	100.534.178.889	98.644.188.030	94.426.614.366	74.719.986.105	63.894.669.142
16	96.029.582.447	94.361.611.976	90.240.727.399	70.603.521.483	59.756.922.234
17	69.027.028.416	67.786.564.534	60.262.078.013	47.422.445.873	45.867.428.731
18	95.045.091.543	93.422.961.036	89.345.207.557	69.694.797.678	58.820.407.295
19	84.271.194.963	84.493.064.421	78.794.138.970	65.412.553.686	60.600.702.099
20	95.212.659.014	93.653.035.956	89.573.673.898	69.813.884.709	58.862.128.856
21	85.290.361.514	84.110.185.964	80.510.248.001	62.146.960.483	52.791.579.968
22	86.077.230.824	84.810.086.802	81.202.183.654	62.840.711.094	53.969.203.757
23	85.438.498.293	84.170.416.626	80.522.223.180	62.040.904.419	53.337.326.714
24	92.883.072.262	91.183.884.989	87.255.813.222	68.727.173.719	60.135.010.348
25	93.822.670.294	92.105.318.418	88.050.834.672	69.419.487.071	60.679.247.047
26	85.222.497.057	83.897.157.492	80.417.500.228	62.349.691.105	53.255.744.913
27	84.016.120.222	82.753.457.509	79.559.685.764	61.922.965.355	52.707.261.254
28	82.234.290.762	80.061.008.128	76.098.310.329	61.637.627.597	52.728.731.399
29	72.130.153.379	71.637.651.418	69.371.830.654	52.640.677.931	43.141.765.686
30	71.335.528.376	70.941.903.376	69.146.169.107	52.268.185.137	42.071.420.651

Tabla 11-10. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Jaula-1. Precios de mercado ($)

Año	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
0	0	0	0	0	0
1	-13.076.968.391	-13.193.249.183	-12.729.552.358	-9.514.552.850	-8.099.488.880
2	-5.755.925.119	-6.285.533.322	-6.047.620.702	-2.968.187.478	-1.685.499.505
3	-2.557.942.884	-3.236.735.801	-3.061.588.408	40.346.719	963.582.989
4	-4.084.074.253	-4.615.451.925	-4.289.437.110	-1.446.310.768	-1.003.398.438
5	2.756.149.022	2.285.860.320	2.311.300.066	3.173.976.936	2.190.213.934
6	24.404.162.480	24.252.358.429	21.290.973.832	22.440.196.076	19.891.857.139
7	22.866.887.122	22.132.209.925	21.436.166.607	18.009.516.835	14.377.235.734
8	38.258.649.477	37.288.405.100	36.001.592.123	29.233.341.551	23.806.750.085
9	52.261.292.928	51.954.915.419	48.228.813.405	39.576.651.790	32.368.787.273
10	62.025.373.109	61.629.080.876	57.823.160.630	46.399.023.055	39.020.587.059
11	79.007.886.642	77.848.746.462	73.778.007.058	59.465.355.040	49.838.904.679
12	73.979.698.733	72.661.547.416	69.729.219.807	54.600.209.583	45.579.823.546
13	76.207.119.599	74.866.198.962	71.805.026.372	56.128.341.652	46.915.973.856
14	80.015.527.389	78.591.869.494	75.276.585.215	58.926.350.190	49.479.853.817
15	85.938.118.458	84.256.932.241	80.677.124.642	64.087.793.919	54.598.115.683
16	81.430.605.155	79.971.783.321	76.494.317.279	59.969.917.818	50.464.265.407
17	54.627.980.747	53.594.872.013	46.744.479.673	36.959.297.775	36.666.437.606
18	80.390.295.164	78.977.528.966	75.543.653.857	59.016.187.047	49.491.787.358
19	69.605.741.139	70.021.895.758	64.981.383.863	54.687.619.693	51.183.097.708
20	80.364.384.992	79.009.526.955	75.574.579.370	58.985.746.558	49.413.439.038
21	70.553.617.894	69.578.280.813	66.620.695.148	51.438.103.754	43.431.189.743
22	71.085.434.265	70.023.296.542	67.056.896.556	51.898.876.041	44.353.910.410
23	70.523.223.060	69.460.114.365	66.453.092.646	51.198.744.510	43.804.419.361
24	77.845.998.924	76.355.294.493	73.070.220.945	57.789.053.755	50.501.742.434
25	79.084.488.478	77.575.563.272	74.163.415.534	58.707.187.849	51.239.785.176
26	59.619.035.359	58.499.134.887	55.826.295.550	43.891.695.501	37.202.486.488
27	52.317.212.568	51.255.219.375	48.964.461.283	39.063.833.561	32.942.717.875
28	44.842.143.055	42.995.304.952	40.175.856.942	34.650.186.172	29.481.433.659
29	30.966.510.031	30.602.182.862	29.269.579.070	22.994.060.135	17.892.341.737
30	25.701.455.456	25.439.781.068	24.569.601.477	19.357.723.828	14.015.060.160

Tabla 11-11. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Jaula-1. Precios sociales ($)

Año	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
0	0	0	0	0	0
1	-11.374.537.073	-11.596.485.064	-11.228.369.384	-8.152.520.794	-6.776.361.999
2	-3.741.671.015	-4.384.145.674	-4.253.044.000	-1.364.888.765	-152.463.645
3	-44.229.026	-842.597.313	-785.237.873	2.012.232.849	2.802.943.181
4	-731.491.769	-1.388.299.827	-1.195.385.525	1.149.394.567	1.362.455.572
5	7.801.214.087	7.196.123.613	7.027.265.425	6.988.677.815	5.583.036.989
6	31.079.695.231	30.789.420.171	27.560.322.774	27.468.198.069	24.335.125.781
7	31.054.844.454	30.165.984.843	29.166.944.143	24.111.427.107	19.733.214.904
8	48.227.718.773	47.091.812.254	45.430.060.287	36.631.495.369	30.280.132.743
9	63.807.712.959	63.332.322.002	59.152.850.797	48.089.578.837	39.790.920.545
10	74.999.589.584	74.427.021.512	70.114.278.364	55.977.714.630	47.396.221.928
11	92.997.664.168	91.650.418.458	87.027.562.174	69.737.148.803	58.799.582.633
12	88.508.964.734	86.993.317.434	83.476.144.347	65.223.782.494	54.856.286.445
13	90.680.353.000	89.139.566.195	85.480.457.568	66.692.328.679	56.140.406.535
14	94.554.202.006	92.925.347.726	88.981.632.406	69.508.468.016	58.721.974.529
15	100.534.178.889	98.644.188.030	94.426.614.366	74.719.986.105	63.894.669.142
16	96.029.582.447	94.361.611.976	90.240.727.399	70.603.521.483	59.756.922.234
17	69.027.028.416	67.786.564.534	60.262.078.013	47.422.445.873	45.867.428.731
18	95.045.091.543	93.422.961.036	89.345.207.557	69.694.797.678	58.820.407.295
19	84.271.194.963	84.493.064.421	78.794.138.970	65.412.553.686	60.600.702.099
20	95.212.659.014	93.653.035.956	89.573.673.898	69.813.884.709	58.862.128.856
21	85.290.361.514	84.110.185.964	80.510.248.001	62.146.960.483	52.791.579.968
22	86.077.230.824	84.810.086.802	81.202.183.654	62.840.711.094	53.969.203.757
23	85.438.498.293	84.170.416.626	80.522.223.180	62.040.904.419	53.337.326.714
24	92.883.072.262	91.183.884.989	87.255.813.222	68.727.173.719	60.135.010.348
25	93.822.670.294	92.105.318.418	88.050.834.672	69.419.487.071	60.679.247.047
26	85.222.497.057	83.897.157.492	80.417.500.228	62.349.691.105	53.255.744.913
27	84.016.120.222	82.753.457.509	79.559.685.764	61.922.965.355	52.707.261.254
28	82.234.290.762	80.061.008.128	76.098.310.329	61.637.627.597	52.728.731.399
29	72.130.153.379	71.637.651.418	69.371.830.654	52.640.677.931	43.141.765.686
30	71.335.528.376	70.941.903.376	69.146.169.107	52.268.185.137	42.071.420.651

Tabla 11-12. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Jaula-2. Precios de mercado ($)

Año	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
0	0	0	0	0	0
1	-13.076.968.391	-13.193.249.183	-12.729.552.358	-9.514.552.850	-8.099.488.880
2	-5.755.925.119	-6.285.533.322	-6.047.620.702	-2.968.187.478	-1.685.499.505
3	-2.557.942.884	-3.236.735.801	-3.061.588.408	40.346.719	963.582.989
4	-4.084.074.253	-4.615.451.925	-4.289.437.110	-1.446.310.768	-1.003.398.438
5	2.756.149.022	2.285.860.320	2.311.300.066	3.173.976.936	2.190.213.934
6	24.404.162.480	24.252.358.429	21.290.973.832	22.440.196.076	19.891.857.139
7	22.866.887.122	22.132.209.925	21.436.166.607	18.009.516.835	14.377.235.734
8	38.258.649.477	37.288.405.100	36.001.592.123	29.233.341.551	23.806.750.085
9	52.261.292.928	51.954.915.419	48.228.813.405	39.576.651.790	32.368.787.273
10	62.025.373.109	61.629.080.876	57.823.160.630	46.399.023.055	39.020.587.059
11	79.007.886.642	77.848.746.462	73.778.007.058	59.465.355.040	49.838.904.679
12	73.979.698.733	72.661.547.416	69.729.219.807	54.600.209.583	45.579.823.546
13	76.207.119.599	74.866.198.962	71.805.026.372	56.128.341.652	46.915.973.856
14	80.015.527.389	78.591.869.494	75.276.585.215	58.926.350.190	49.479.853.817
15	85.938.118.458	84.256.932.241	80.677.124.642	64.087.793.919	54.598.115.683
16	81.430.605.155	79.971.783.321	76.494.317.279	59.969.917.818	50.464.265.407
17	54.627.980.747	53.594.872.013	46.744.479.673	36.959.297.775	36.666.437.606
18	80.390.295.164	78.977.528.966	75.543.653.857	59.016.187.047	49.491.787.358
19	69.605.741.139	70.021.895.758	64.981.383.863	54.687.619.693	51.183.097.708
20	80.364.384.992	79.009.526.955	75.574.579.370	58.985.746.558	49.413.439.038
21	70.553.617.894	69.578.280.813	66.620.695.148	51.438.103.754	43.431.189.743
22	71.085.434.265	70.023.296.542	67.056.896.556	51.898.876.041	44.353.910.410
23	70.523.223.060	69.460.114.365	66.453.092.646	51.198.744.510	43.804.419.361
24	77.845.998.924	76.355.294.493	73.070.220.945	57.789.053.755	50.501.742.434
25	79.084.488.478	77.575.563.272	74.163.415.534	58.707.187.849	51.239.785.176
26	59.619.035.359	58.499.134.887	55.826.295.550	43.891.695.501	37.202.486.488
27	52.317.212.568	51.255.219.375	48.964.461.283	39.063.833.561	32.942.717.875
28	44.842.143.055	42.995.304.952	40.175.856.942	34.650.186.172	29.481.433.659
29	30.966.510.031	30.602.182.862	29.269.579.070	22.994.060.135	17.892.341.737
30	25.701.455.456	25.439.781.068	24.569.601.477	19.357.723.828	14.015.060.160

Tabla 11-13. Beneficio agrícola neto anual durante los 30 años de amortización. Jaula-2. Precios sociales ($)

Año	Esc. 1	Esc. 2	Esc. 3	Esc. 4	Esc. 5
0	0	0	0	0	0
1	-11.374.537.073	-11.596.485.064	-11.228.369.384	-8.152.520.794	-6.776.361.999
2	-3.741.671.015	-4.384.145.674	-4.253.044.000	-1.364.888.765	-152.463.645
3	-44.229.026	-842.597.313	-785.237.873	2.012.232.849	2.802.943.181
4	-731.491.769	-1.388.299.827	-1.195.385.525	1.149.394.567	1.362.455.572
5	7.801.214.087	7.196.123.613	7.027.265.425	6.988.677.815	5.583.036.989
6	31.079.695.231	30.789.420.171	27.560.322.774	27.468.198.069	24.335.125.781
7	31.054.844.454	30.165.984.843	29.166.944.143	24.111.427.107	19.733.214.904
8	48.227.718.773	47.091.812.254	45.430.060.287	36.631.495.369	30.280.132.743
9	63.807.712.959	63.332.322.002	59.152.850.797	48.089.578.837	39.790.920.545
10	74.999.589.584	74.427.021.512	70.114.278.364	55.977.714.630	47.396.221.928
11	92.997.664.168	91.650.418.458	87.027.562.174	69.737.148.803	58.799.582.633
12	88.508.964.734	86.993.317.434	83.476.144.347	65.223.782.494	54.856.286.445
13	90.680.353.000	89.139.566.195	85.480.457.568	66.692.328.679	56.140.406.535
14	94.554.202.006	92.925.347.726	88.981.632.406	69.508.468.016	58.721.974.529
15	100.534.178.889	98.644.188.030	94.426.614.366	74.719.986.105	63.894.669.142
16	96.029.582.447	94.361.611.976	90.240.727.399	70.603.521.483	59.756.922.234
17	69.027.028.416	67.786.564.534	60.262.078.013	47.422.445.873	45.867.428.731
18	95.045.091.543	93.422.961.036	89.345.207.557	69.694.797.678	58.820.407.295
19	84.271.194.963	84.493.064.421	78.794.138.970	65.412.553.686	60.600.702.099
20	95.212.659.014	93.653.035.956	89.573.673.898	69.813.884.709	58.862.128.856
21	85.290.361.514	84.110.185.964	80.510.248.001	62.146.960.483	52.791.579.968
22	86.077.230.824	84.810.086.802	81.202.183.654	62.840.711.094	53.969.203.757
23	85.438.498.293	84.170.416.626	80.522.223.180	62.040.904.419	53.337.326.714
24	92.883.072.262	91.183.884.989	87.255.813.222	68.727.173.719	60.135.010.348
25	93.822.670.294	92.105.318.418	88.050.834.672	69.419.487.071	60.679.247.047
26	85.222.497.057	83.897.157.492	80.417.500.228	62.349.691.105	53.255.744.913
27	84.016.120.222	82.753.457.509	79.559.685.764	61.922.965.355	52.707.261.254
28	82.234.290.762	80.061.008.128	76.098.310.329	61.637.627.597	52.728.731.399
29	72.130.153.379	71.637.651.418	69.371.830.654	52.640.677.931	43.141.765.686
30	71.335.528.376	70.941.903.376	69.146.169.107	52.268.185.137	42.071.420.651

11.2.2. Beneficio asociado al Valor Incremental de la Tierra

El paso desde una situación Sin Proyecto a una situación Con Proyecto implica un cambio en el uso del suelo, incrementando su valor productivo y por ende comercial. Así, la incorporación de nuevas zonas a partir de la habilitación de terrenos sin uso y la implementación de cultivos intensivos, justifica esta variación. La Tabla siguiente resume la variación del uso del suelo según tamaño de embalse y escenario.

Tabla 11-14. Cambio del uso del Suelo en el Área de Estudio (ha)

	Regada	No Regada	Total
Situación Actual	46.685	17.262	63.948
Esc. 1	53.404	10.544	63.948
Esc. 2	53.355	10.593	63.948
Esc. 3	53.007	10.941	63.948
Esc. 4	49.604	14.343	63.948
Esc. 5	47.015	16.933	63.948

Posteriormente se calcula el beneficio asociado al incremento de superficie multiplicando por el valor esperado de venta. Se consideró, en base a datos de ODEPA, que el valor de la tierra de secano es en promedio igual a $1.190.994/ha. Para el caso de la superficie bajo riego el valor es $ 10.016.698/ha.

11.2.3. Beneficio asociado a las transacciones de los derechos de aguas

Para evaluar los beneficios asociados a la disponibilidad de recursos hídricos, se determina el valor del caudal equivalente medio asociado al proyecto, el que se muestra en la Tabla siguiente. Estos valores se determinaron como el promedio del caudal efluente desde cada uno de los embalses considerados. Se hace notar que el caudal medio disponible se determina a partir del volumen anual disponible de embalsar, por lo que el uso de una u otra variable es equivalente.

Tabla 11-15. Caudal medio asociado a cada alternativa (l/s)

	Caudal Asociado (l/s)
Situación Actual	15.396
Esc. 1	18.061
Esc. 2	18.169
Esc. 3	18.172
Esc. 4	17.005
Esc. 5	16.019

El siguiente elemento a considerar es la evaluación del valor del agua. En este sentido cabe destacar que en el último estudio tarifario de la empresa sanitaria Aguas Nuevo Sur S.A. para el periodo 2011-2016 estima que el valor del agua cruda es $0.- para toda la región del Maule, debido a que aún existe disponibilidad de derechos de aprovechamiento de aguas a solicitar. Con el fin de establecer un cálculo aproximado al respecto, se ha utilizado la información contenida en el estudio tarifario de la empresa sanitaria ESBIO S.A. para el periodo para el periodo 2011-2016, en cuyo capítulo referente a la determinación del valor del agua cruda, se presenta un valor promedio de 38,77 UF/l/s. Con este valor se determinaron los beneficios diferenciales asociados a las transacciones de derechos de aprovechamiento de aguas evitadas debido al proyecto.

11.2.4. Beneficio asociado a la generación hidroeléctrica

Afectando la producción hidroeléctrica calculada por los precios de venta de mercado, se obtienen los márgenes brutos de venta, frente a los que habrá que contraponer los costes de la inversión para la construcción y los costes de mantención. Se consideran los siguientes parámetros básicos:

- Venta de Potencia: $ 6.787,44 por kW/mes
- Venta Energía: $ 45,166 por kWh

Los valores de venta, en millones de pesos, a precio de mercado, son los siguientes:

Tabla 11-16. Producción hidroeléctrica

Escenario	Potencia instalada (MW)	Generación media anual (GWh/año)	Venta anual por potencia (MM $)	Venta anual por energía (MM $)	Venta Total anual (MM $)
Los Queñes					
1	22,92	104,67	1.867	4.728	6.594
2	20,69	94,83	1.685	4.283	5.968
3	18,99	87,22	1.547	3.939	5.486
4	16,88	78,76	1.375	3.557	4.932
5	15,14	71,43	1.233	3.226	4.459
La Jaula-1					
1	20,86	80,34	1.699	3.629	5.328
2	19,37	75,02	1.578	3.388	4.966
3	17,59	68,2	1.433	3.080	4.513
4	15,14	59,65	1.233	2.694	3.927
5	13,04	58,96	1.062	2.663	3.725
La Jaula-2					
1	20,76	79,87	1.691	3.607	5.298
2	19,28	74,56	1.570	3.368	4.938
3	17,48	71,81	1.424	3.243	4.667
4	15,05	59,2	1.226	2.674	3.900
5	12,93	58,33	1.053	2.635	3.688

11.2.5. Beneficio asociado al control de crecidas

Los beneficios del embalse se equiparan al valor del daño anual evitado, que se calcula como la diferencia de los daños ocurridos por las crecidas, en los 5 escenarios de la situación SCP y la situación SSP (sin proyecto). Los daños analizados en la etapa anterior son la suma de los daños agrarios (pérdida de las producciones), los daños sobre infraestructuras civiles (puentes, carreteras y vías, líneas eléctricas), y los daños sobre las propiedades y edificaciones, bien sea aisladas o de los núcleos poblacionales.

Sin embargo, las diferencias obtenidas entre las correspondientes situaciones resultan inapreciables, y por tanto el beneficio mínimo por control de crecidas es nulo. Ello se debe a la adopción de hipótesis conservadoras, entre ellas, que las crecidas llegan al embalse cuando éste se encuentra lleno. Así, la reducción del caudal máximo de crecida que sale de la presa en relación con el caudal máximo que entra en el embalse, es muy pequeña, y por tanto la diferencia de áreas inundadas es también pequeña. En conclusión, el beneficio por control de crecidas puede ser en la práctica muy significativo, pero en el presente estudio, las hipótesis menos favorables conducen a determinar que el beneficio mínimo es nulo.

11.2.6. Beneficios por turismo

Los recursos naturales son el principal potencial turístico de la zona. No existen atractivos culturales de señalar (arquitectura, festividades, artesanía) que impliquen mayor participación de la población local. La demanda turística rural está en expansión, pero aún no ha logrado consolidarse porque no existe en el mercado interno una oferta diversificada, consolidada y difundida.

En la presente fase de prefactibilidad del proyecto no resulta posible la cuantificación económica de los cambios, y por tanto no se puede considerar un beneficio mínimo económico por este motivo. Algunas actividades turísticas que actualmente se contemplan en los Planes de Desarrollo Turístico (kajak, rafting y pesca con mosca), resultarían obstaculizadas por el futuro embalse; sin embargo, otras actividades turísticas relevantes (senderismo, andinismo, etc.) son compatibles con el embalse, e incluso podrían potenciarse con el futuro embalse. Cualitativamente es previsible que el futuro embalse induzca beneficios por el desarrollo de actividades turísticas, pero no resulta posible cuantificarlo en esta fase de los trabajos, y las hipótesis menos favorables conducen a determinar que el beneficio mínimo es nulo.

11.2.7. Beneficio asociado al agua potable

Al considerar los posibles beneficios de entregar un caudal firme a sistemas de APR locales, es fundamental tener en cuenta las características de las poblaciones en esta zona, asentadas en las inmediaciones de cauces naturales con aguas permanentes, lo que permite que las captaciones para agua potable sean de aguas superficiales casi en la totalidad de los casos, sin que haya problemas de falta de abastecimiento, y cuyo coste es relativamente bajo en la actualidad. Como ya se ha señalado, el último estudio tarifario de la empresa sanitaria Aguas Nuevo Sur S.A. para el periodo 2011-2016 estima que el valor del agua cruda es $0.- para toda la región del Maule, debido a que aún existe disponibilidad de derechos de aguas a solicitar.

Es preciso señalar que el dimensionamiento del embalse regulador de agua para riego, se realiza con el objetivo de proporcionar los caudales demandados con el 85% de seguridad. Sin embargo, los sistemas de APR requieren el 95% de seguridad, lo que obliga a aumentar notablemente la relación entre el volumen de agua regulado y el volumen de tranque. Por tanto, el coste que se obtendría para el m^3 de agua para APR sería notablemente mayor que el coste del m^3 de agua regulada para riego.

En noviembre de 2013 el MOP firmó un Convenio de Agua Potable Rural con el Gobierno Regional de la Región del Maule, por más de 17.000 millones de pesos, para el mejoramiento y ampliación de 41 sistemas de APR en la Región del Maule, que beneficiará a más de 60.000 habitantes de las provincias de Curicó, Linares, Talca y Cauquenes. Este convenio permitirá ejecutar numerosos proyectos de agua potable rural entre los años 2014 y 2016, en respuesta a las necesidades de mejora de las condiciones y modernización de los sistemas de APR de las comunidades de la Región del Maule para potenciar su desarrollo. Con esto, no es posible considerar posibles beneficios de utilización del agua para sistemas de APR locales.

11.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

11.3.1. Escenarios

Para realizar la evaluación económica se definieron dos casos:

- ✓ Uso exclusivo de Riego: Corresponde evaluar los beneficios del proyecto para uso de riego en su totalidad.
- ✓ Uso de Riego+Generación Hidroeléctrica: Corresponde a la evaluación del proyecto del embalse, incluyendo los usos de riego y generación hidroeléctrica.

11.3.2. Resultados

En los resultados del método del presupuesto, se observa que los proyectos son no rentables a precios privados. A precios sociales el proyecto es altamente rentable para los tres embalses, tanto en la evaluación para uso exclusivo de riego, como para uso compartido de riego e hidroeléctrico. En la Tabla siguiente se muestra un resumen con los mejores resultados para ambos embalses:

Tabla 11-17. Resumen de resultados de la evaluación económica uso riego

Solución Embalse/Escenario	V. Emb. (hm³)	VAN (MM $)	IVAN	VAN/Sup (MM $/ha)	n/k	TIR (%)
Los Queñes	176,0	439.639,2	1,94	16,0	2,60	12,92%
La Jaula-1	160,0	461.939,4	2,23	16,8	2,82	13,63%
La Jaula-2	160,0	473.091,0	2,36	17,2	2,94	13,97%

En las Tablas de las páginas siguientes se presentan los resultados de la evaluación económica realizada con el método del Presupuesto, en los escenarios de Riego y Riego + Hidrogeneración.

Tabla 11-18. Resultados de evaluación económica. Método del presupuesto.

Escenario		Volumen embalse (hm³)	Precios Privados					Precios Sociales				
			VAN (MM $)	IVAN	VAN/Sup (MM $/ha)	n/k	TIR (%)	VAN (MM $)	IVAN	VAN/Sup (MM $/ha)	n/k	TIR (%)
ESCENARIO: RIEGO	Los Queñes											
	1	213	-99.027,8	-0,32	-3,5	0,72	9,45%	437.926,9	1,82	15,4	2,52	12,66%
	2	176	-87.251,7	-0,30	-3,2	0,74	9,67%	439.639,2	1,94	16,0	2,60	12,92%
	3	156	-91.533,2	-0,32	-3,6	0,72	9,47%	412.232,7	1,87	16,2	2,54	12,72%
	4	127	-112.250,0	-0,41	-5,0	0,63	8,47%	296.712,7	1,41	13,3	2,21	11,64%
	5	106	-127.095,0	-0,49	-6,5	0,55	7,67%	230.663,6	1,15	11,7	1,99	10,81%
	La Jaula-1											
	1	181	-63.181,8	-0,23	-2,2	0,80	10,25%	462.551,7	2,11	16,2	2,75	13,40%
	2	160	-53.955,4	-0,21	-2,0	0,82	10,46%	461.939,4	2,23	16,8	2,82	13,63%
	3	139	-56.467,0	-0,23	-2,2	0,80	10,32%	435.971,0	2,18	17,1	2,79	13,50%
	4	115	-69.297,3	-0,30	-3,1	0,73	9,59%	327.138,5	1,78	14,7	2,52	12,72%
	5	90	-76.827,5	-0,36	-3,9	0,67	9,02%	266.460,0	1,57	13,5	2,35	12,13%
	La Jaula-2											
	1	181	-21.665,5	-0,09	-0,8	0,92	11,34%	461.353,6	2,07	16,2	2,72	13,32%
	2	160	-2.524,5	-0,01	-0,1	0,99	11,92%	473.091,0	2,36	17,2	2,94	13,97%
	3	139	-6.145,5	-0,03	-0,2	0,97	11,79%	447.350,1	2,33	17,5	2,91	13,86%
	4	115	-25.851,6	-0,14	-1,2	0,88	10,99%	334.162,3	1,87	15,0	2,59	12,95%
	5	90	-34.974,2	-0,20	-1,8	0,82	10,46%	275.525,5	1,69	14,0	2,45	12,47%
RIEGO + HIDROGENERACIÓN	Los Queñes											
	1	213	-83.964,1	-0,27	-2,9	0,76	9,86%	467.671,6	1,95	16,4	2,64	13,05%
	2	176	-73.167,3	-0,25	-2,7	0,78	10,06%	467.475,3	2,06	17,0	2,72	13,30%
	3	156	-78.873,3	-0,28	-3,1	0,75	9,84%	437.332,9	1,98	17,2	2,65	13,08%
	4	127	-101.766,5	-0,38	-4,6	0,66	8,83%	317.649,9	1,51	14,3	2,29	11,98%
	5	106	-117.640,5	-0,45	-6,0	0,59	8,03%	249.401,3	1,24	12,7	2,07	11,15%
	La Jaula-1											
	1	181	-48.118,1	-0,18	-1,7	0,84	10,68%	492.296,5	2,25	17,3	2,88	13,81%
	2	160	-39.871,0	-0,15	-1,5	0,87	10,87%	489.775,6	2,36	17,8	2,96	14,03%
	3	139	-43.807,1	-0,17	-1,7	0,85	10,71%	461.071,2	2,31	18,1	2,91	13,87%
	4	115	-58.813,8	-0,25	-2,6	0,77	9,97%	348.075,6	1,90	15,6	2,61	13,09%
	5	90	-67.373,0	-0,32	-3,4	0,71	9,41%	285.197,7	1,68	14,5	2,44	12,51%
	La Jaula-2											
	1	181	-6.601,7	-0,03	-0,2	0,98	11,80%	491.098,4	2,20	17,2	2,85	13,72%
	2	160	11.559,8	0,05	0,4	1,05	12,37%	500.927,2	2,50	18,2	3,08	14,37%
	3	139	6.514,3	0,03	0,3	1,03	12,22%	472.450,3	2,46	18,5	3,04	14,24%
	4	115	-15.368,1	-0,08	-0,7	0,93	11,40%	355.099,4	1,99	16,0	2,68	13,32%
	5	90	-25.519,7	-0,15	-1,3	0,87	10,89%	294.263,3	1,81	14,9	2,54	12,85%

En el método de chequeo del valor incremental de la tierra, ninguna alternativa resulta conveniente, porque los terrenos incorporados al riego son pocos respecto a la superficie actual, siendo más importantes los cambios por la rentabilidad de los cultivos. Este resultado se repite en el método de las transacciones de derechos de aguas, ya que actualmente existe un gran volumen utilizado para el riego.

Tabla 11-19. Resultados evaluación económica. Método del Valor Incremental de la Tierra ($)

Alternativa	Volumen Útil (hm³)	Valor Total Tierra ($)	Valor Incremental ($)	Costo Total ($)	Beneficio Neto ($)
Sit. Actual		488.193.120.252	-	-	-
Los Queñes					
1	213	547.489.100.996	59.295.980.744	269.912.322.577	-210.616.341.833
2	176	547.054.850.516	58.861.730.264	255.082.333.029	-196.220.602.766
3	156	543.982.257.435	55.789.137.183	247.988.376.804	-192.199.239.622
4	127	513.953.216.899	25.760.096.646	235.392.128.325	-209.632.031.679
5	106	491.100.416.096	2.907.295.844	225.280.457.416	-222.373.161.572
La Jaula -1					
1	181	547.489.100.996	59.295.980.744	245.613.419.384	-186.317.438.639
2	160	547.054.850.516	58.861.730.264	233.073.542.594	-174.211.812.330
3	139	543.982.257.435	55.789.137.183	224.563.731.026	-168.774.593.843
4	115	513.953.216.899	25.760.096.646	205.363.298.685	-179.603.202.038
5	90	491.100.416.096	2.907.295.844	189.954.079.720	-187.046.783.877
La Jaula-2					
1	181	547.489.100.996	59.295.980.744	249.744.916.748	-190.448.936.004
2	160	547.054.850.516	58.861.730.264	224.721.465.765	-165.859.735.501
3	139	543.982.257.435	55.789.137.183	215.878.866.012	-160.089.728.829
4	115	513.953.216.899	25.760.096.646	200.813.921.195	-175.053.824.549
5	90	491.100.416.096	2.907.295.844	183.178.017.913	-180.270.722.069

Tabla 11-20. Resultados evaluación económica. Método de las transacciones de derechos de aguas ($)

Alternativa	Volumen Útil (hm³)	Valor Transacciones ($)	Valor Incremental ($)	Costo Total ($)	Beneficio Neto ($)
Sit. Actual	-	13.430.582.590	-	-	-
Los Queñes					
1	203	15.754.947.265	2.324.364.675	269.912.322.577	-267.587.957.903
2	191	15.848.877.030	2.418.294.440	255.082.333.029	-252.664.038.589
3	166	15.851.861.661	2.421.279.071	247.988.376.804	-245.567.097.734
4	125	14.833.734.681	1.403.152.091	235.392.128.325	-233.988.976.234
5	91	13.973.744.771	543.162.181	225.280.457.416	-224.737.295.235
La Jaula -1					
1	187	15.754.947.265	2.324.364.675	245.613.419.384	-243.289.054.709
2	175	15.848.877.030	2.418.294.440	233.073.542.594	-230.655.248.154
3	150	15.851.861.661	2.421.279.071	224.563.731.026	-222.142.451.955
4	112	14.833.734.681	1.403.152.091	205.363.298.685	-203.960.146.594
5	76	13.973.744.771	543.162.181	189.954.079.720	-189.410.917.539
La Jaula-2					
1	187	15.754.947.265	2.324.364.675	249.744.916.748	-247.420.552.073
2	175	15.848.877.030	2.418.294.440	224.721.465.765	-222.303.171.325
3	150	15.851.861.661	2.421.279.071	215.878.866.012	-213.457.586.942
4	112	14.833.734.681	1.403.152.091	200.813.921.195	-199.410.769.104
5	76	13.973.744.771	543.162.181	183.178.017.913	-182.634.855.732

11.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

En cualquier evaluación económica hay siempre un elemento de incertidumbre asociado a las variables y alternativas que se estudian, que dificulta la toma de decisiones con mayor certeza. Una forma de disminuir esta incertidumbre es a través un análisis de sensibilidad, que busca identificar las variables que más afectan el resultado económico de un proyecto y la magnitud de su incidencia. Para este proyecto en particular, el análisis se realizó para el mayor volumen obtenido para ambos embalses, con uso exclusivo de riego.

El análisis del cambio que experimenta el VAN, a precios sociales, ante la variación del 10% de las partidas involucradas en la evaluación económica, permite saber las partidas que tienen mayor repercusión en la rentabilidad del proyecto. La variable que más incide en la rentabilidad es el ingreso agropecuario, cuya elasticidad con respecto al VAN social es igual a *2,32* para el embalse Jaula-1, *2,38* para Jaula-2, y *2,50* para Los Queñes. La segunda variable con mayor importancia en la es el costo de construcción del embalse. Las restantes variables tienen un efecto marginal.

También se han calculado los indicadores para un cambio en ±10% de las variables costo y beneficios, obteniendo que para La Jaula-2 se requieren los mayores cambios para hacer nulo el VAN; esto significa que es el proyecto más estable en su situación base.

Otro análisis consiste en modificar la gradualidad de los cambios en la Situación Con Proyecto, los que se desprenden de la incorporación de los cultivos que conforman el nuevo uso del suelo. Dado lo anterior se confeccionó un escenario denominado "temprano" en donde la incorporación de los cultivos fuera más rápida que la estimada inicialmente, y otro "tardío" en el cual los cambios se producen en forma más lenta. Estas tasas tienen repercusión en la gradualidad de la incorporación de la superficie, costos indirectos, habilitación de suelos, inversión en riego tecnificado, asistencia técnica y la estabilización de los márgenes brutos.

El análisis de sensibilidad para la incorporación de la tierra a la agricultura de riego, refleja que si la gradualidad de los cambios sucede en un periodo menor, el efecto de aumento de los beneficios agrícolas en los primeros años provoca que la rentabilidad del proyecto aumente. En relación con lo anterior, resulta interesante evaluar el efecto de la participación de los agricultores en el proyecto, en términos de la cantidad de predios. Esta variable tiene alta incidencia en la rentabilidad del proyecto, pero no tanta como para hacer el proyecto no rentable.

Por otra parte, se ha evaluado el cambio del VAN social ante una variación del periodo de ejecución de las obras. Destaca que el proyecto se vuelve menos rentable a medida que la ejecución de las obras demora más. De cualquier modo, las variaciones resultan ser menores con respecto a las variables agropecuarias. Finalmente se ha analizado la incidencia conjunta de las distintas variables anteriormente estudiadas, observando que los tres embalses son rentables con todas las combinaciones.

11.4.1. Indicadores Adicionales

Un aspecto importante a destacar es la generación de mano de obra agrícola versus la Situación Actual. Se ha observado que para el embalse La Jaula 2 de 160 hm^3 (Esc 2), en el balance de la generación de empleo agrícola permanente y temporal entre la Situación Actual y la Situación Con Proyecto, destaca el crecimiento dispar en el empleo femenino y masculino.

La rentabilidad por hectárea productiva (cociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de hectáreas beneficiadas) del embalse La Jaula-2 de 160 hm^3 se incrementa en Situación Con Proyecto del orden del 43,1% en relación a la rentabilidad de la situación Sin Proyecto. Este resultado y los siguientes, confirman el importante impacto de la construcción de una obra de riego en el valle.

11.4.2. Ingreso per cápita asignable al sector agropecuario

El ingreso per cápita asignable al sector agropecuario (cociente entre el beneficio ocasionado por el proyecto y el número de agricultores beneficiados con el mismo) se incrementa en 63,6% en el embalse La Jaula-2 de 160 hm^3 (Esc. 2 de la Situación Con Proyecto) en relación a la Situación Sin Proyecto, lo que coincide con las mayores utilidades por encima de las remuneraciones de la labor agrícola.

La generación de impuestos corresponde al impuesto generado por el incremento de la utilidad producto de la entrada en funcionamiento del embalse. Al respecto la generación de impuestos producto de la construcción de obras se incrementa en un 71,7% en el embalse la Jaula 2 de 160 hm^3 (Esc 2), al pasar de $15,8 mil millones en Situación Actual a más de $27,2 mil millones.

11.5. EXTERNALIDADES

Además de lo descrito, se pueden mencionar otros efectos adicionales, que debido a sus características propias y su complejidad, no pueden ser valorados en esta fase de Prefactibilidad dentro de la evaluación económica:

- ✓ Medio construido: No se detectan efectos significativos en los asentamientos humanos, ya que el proyecto se ubica en una zona despoblada del valle.
- ✓ Paisaje: Los efectos deben ser minimizados y monitoreados en concordancia con lo indicado posteriormente en el Análisis Ambiental.
- ✓ El beneficio mínimo por control de crecidas, con las hipótesis más conservadoras, es nulo. En fase de Factibilidad, con la información y recursos para realizar de forma más detallada este análisis, podría evaluarse económicamente.
- ✓ Es claro que las actividades relacionadas con el turismo se verán afectadas por la aparición del embalse, pero en esta fase de Prefactibilidad no resulta posible cuantificar económicamente los beneficios de algunas y los perjuicios en otras, y por tanto no se ha considerado un beneficio económico por este motivo.
- ✓ El posible beneficio de entregar un caudal firme a sistemas de APR locales, teniendo en cuenta las características poblaciones en esta zona de la Región del Maule, puede considerarse inexistente.

11.6. MOMENTO ÓPTIMO DE LA INVERSIÓN

El momento óptimo de inversión se obtiene al comparar el VAN de invertir en el momento n versus hacerlo en el momento n+1. La premisa fundamental para que este cálculo sea posible de realizar es que los beneficios netos anuales posibles sean independientes del momento de inicio del proyecto, es decir que su evolución y gradualidad de incorporación no dependan de la construcción del embalse, sino de la evolución de la demanda o una variación en el mercado los insumos.

Un ejemplo claro de lo anterior sucede en los proyectos de agua potable o alcantarillado, en los cuales, dependiendo del año de entrada en vigencia de la obra, podrá abastecer una demanda que depende del aumento poblacional. En el proyecto de embalse en estudio los beneficios agrícolas dependen en forma radical de la construcción de la obra, por lo que no resulta pertinente este cálculo. En este caso el momento de realización de la obra dependerá de la comparación del proyecto con otros dentro de la cartera del inversionista, en este caso el Estado.

11.7. ANÁLISIS FINANCIERO

El presente capítulo se refiere al análisis del financiamiento que deben considerar los agricultores según el costo que tenga la obra para ellos. Se supone que la obra será construida bajo los procedimientos que establece el DFL N°1.123 de 1981. El análisis financiero de los predios tipo se basa en los siguientes supuestos:

- Las obras asociadas al riego se construyen en el primer año de análisis (año 0), correspondiendo al segundo período el inicio de la situación con proyecto.
- Se contempla el ofrecimiento de un crédito blando a 20 años para el pago de las obras, el que debe ser contrastado con la disposición de pago de los beneficiarios, a fin de obtener el subsidio requerido para llevar a cabo el proyecto. Se ha calculado el pago potencial con tasas de 2% y 4,5%. Se determinó que el pago anual por hectárea de la obra es $257.344 con una tasa de 2% y de $323.490 con 4,5%.
- La tasa de descuento es de un 12%, al igual que la evaluación económica privada.
- Los valores de ingresos agropecuarios, costos directos de la actividad agropecuaria, costos indirectos, margen neto y margen neto corregido por el efecto hidrológico, para las situaciones Con y Sin proyecto, corresponden a los valores de mercado determinados, para cada predio tipo, en la estudio agroeconómico del estudio.
- El capital de trabajo considerado para las situaciones Sin y Con Proyecto corresponde a un 20% de los costos indirectos, otros costos y las inversiones de los tres primeros años, el que es financiado mediante crédito a 10 años con una tasa de interés de un 8,0%, en cuotas iguales.
- Se ha supuesto que la realización del proyecto debe permitir, a cada predio tipo, entregar al propietario una cierta rentabilidad por su actividad, que representa su sustento familiar. De esta forma se ha definido, para el diferencial de flujos entre las situaciones Sin y Con Proyecto. El factor así definido se aplica anualmente a la utilidad después del impuesto. Dado el nivel tecnológico existente, se adopta para todos los estratos una utilidad de 10%.

Todos los estratos tienen problemas de flujo de caja en algún momento del proyecto. No obstante, existe una gran variabilidad de situaciones en cada sector y estrato, ya que hay numerosos estratos en donde la disposición al pago anual supera al costo anual de la obra, y otro grupo importante que requiere ser subsidiado sobre un 70%.

En términos globales, los agricultores tienen disposición de financiar cerca del 86% del proyecto con una tasa de interés de 2%, y el 80% del proyecto en el caso de una tasa de 4,5%, lo que se traduce en la entrega de un subsidio anual de $11.197.051.281 y $13.113.726.649 con tasas del 2% y 4,5%, respectivamente.

De manera similar se ha ponderado la disposición (capacidad) de pago y los subsidios, por hectárea y expandido, para cada estrato de tamaño predial, independiente del sector en el cual se encuentre. Se observa que el estrato 7 es el que requiere mayor subsidio, a diferencia del el estrato 3 que necesita un porcentaje bajo el 10%.

Finalmente, tal como es solicitado en los términos de referencia del estudio, se ha intentado calcular los mismos indicadores anteriores (pago total, capacidad de pago y subsidio) en relación a los derechos de aprovechamiento de aguas disponibles, expresados en $/acción. Sin embargo, en estas áreas de estudio no resulta posible obtener estos valores, como puede comprenderse después de consultar los antecedentes legales, entre otras cosas, por los siguientes motivos:

- No existe información detallada de los derechos de aprovechamiento inscritos, o acciones, o ambos, para algunos esteros, canales y la mayoría de usuarios a nivel individual.
- En algunos casos hay equivalencias acción / caudal distinta entre cauces afluentes y canales.
- Existen diversas unidades de medida distintas a las acciones, tales como "regadores".

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. DESCRIPCIÓN DE LAS SOLUCIONES

De los estudios técnicos de ingeniería desarrollados se concluye que los tres mejores emplazamientos que reúnen las condiciones necesarias para ser viables sobre el cauce del río Teno, para la ubicación de un embalse de riego que cubra los objetivos establecidos son los denominados La Jaula-1, La Jaula-2 y Los Queñes. Las tres soluciones se ubican en el valle del río Teno, en su zona medio-alta.

Figura 12-1. Situación de las soluciones de embalse

Una de las premisas fundamentales en las que se basa la elección y diseño del tipo de presa es la aptitud geológico-geotécnica del terreno sobre el que se funda: profundidad y resistencia del sustrato de apoyo, profundidad de excavación requerida, y garantías de impermeabilidad.

En los emplazamientos de La Jaula 1 y 2, el valle presenta morfología glacial, con relleno del fondo de valle por sedimentos fluviales/fluvioglaciares permeables de gran espesor, detectándose coladas andesíticas en la margen izquierda. Las paredes del vaso no parecen presentar problemas de impermeabilidad, ya que se encuentran confinadas por el sustrato de rocas volcánicas.

En la base de la margen izquierda de La Jaula-1 existen afloramientos rocosos de pórfidos andesíticos; en la zona media de la ladera se observa una terraza formada por depósitos de gravas rodadas materiales laháricos de espesor entre 10 y 15 m. Por encima se puede observar afloramientos rocosos. En la margen derecha hay una densa vegetación cubriendo la ladera y algunos afloramientos rocosos sobresaliendo con zonas de pendiente más suave, probablemente por acumulación de depósitos coluviales a pie de ladera.

En La Jaula-2, los afloramientos de roca en la margen izquierda se encuentran cubiertos por depósitos de terraza y lahar, que ocupan la zona baja y media de ladera sobre la pista. En la margen derecha, aunque cubierta por densa vegetación, se observan afloramientos de roca volcánica y la ladera se presenta bastante escarpada, con escasa presencia de suelos coluviales o de alteración de la roca.

Con esta geomorfología del valle relativamente abierta, recubrimientos aluviales, terrazas o lahares que parecen moderados, y la limitada velocidad sísmica del sustrato, hacen que la tipología de presa más aconsejable en La Jaula 1 y 2 sea de materiales granulares locales.

En la margen izquierda de Los Queñes se detecta un sustrato rocoso con afloramientos predominantes de roca andesítica de tipo brechoide. Los recubrimientos sobre el macizo consisten en depósitos laháricos, sedimentos fluviales de terraza y coluviales. En la margen derecha, con fuerte cubierta vegetal y escasez de afloramientos, se encuentran materiales volcánicos con acumulaciones de sedimentos laháricos en pie de ladera. Tanto la geometría de la angostura, relativamente abierta, como el desarrollo del depósito aluvial y de avalancha volcánica, y sobre todo la mala calidad del substrato rocoso detectado bajo el nivel de avalancha de fondo de valle y en el pie de la margen derecha, hacen aconsejable una tipología de materiales locales.

Por este motivo, se recomienda la solución de materiales locales con pantalla de hormigón en los tres casos, aunque en fase de Factibilidad debería analizarse también la posible conveniencia del núcleo asfáltico. En cualquier caso, en este aspecto las tres soluciones presentan condiciones similares.

Con las mismas demandas de riego (con seguridad mínima del 85%), y teniendo en cuenta el volumen de embalse muerto en cada caso (algo mayor en Los Queñes), se requiere una capacidad de embalse mayor en Los Queñes (213 hm^3) que en Las Jaulas (181 hm^3), debido principalmente por las necesidades del caudal ecológico.

Los caudales de crecida son también más altos en Los Queñes (1.117 m^3/s para T=1000 años) que Las Jaulas (896 m^3/s para el mismo T), por tener asociada una hoya mayor, lo que conduce a que su evacuador de crecidas sea también algo mayor. Análogamente ocurre con las obras de desvío, que son más importantes en Los Queñes (caudal del túnel de desvío un 20% mayor y altura de dique un 9% más).

Tabla 12-1. Parámetros principales de los embalses

PARÁMETROS	*Los Queñes*	*La Jaula-1*	*La Jaula-2*
Altura de presa	115 m	114 m	112 m
Volumen de embalse (nivel normal)	213 hm^3	181 hm^3	181 hm^3
Superficie de inundación (situación normal)	552 ha	466 ha	465 ha
$Q_{entrada}$ para T=1000 años	1.117 m^3/s	896 m^3/s	896 m^3/s
Q_{salida} para T=1000 años	890 m^3/s	753 m^3/s	754 m^3/s

En las tres soluciones, los impactos ambientales sobre el entorno natural resultan asumibles. El impacto de la presa de Los Queñes, muy próxima a la población del mismo nombre, parece mayor que en La Jaula, aunque durante la construcción, las soluciones de La Jaula involucran mayor volumen de movimiento de tierras que Los Queñes y mayor volumen de muro a construir.

En la solución de Los Queñes la cobertura vegetal es de bosque nativo con muy escasa presencia de plantaciones forestales. No se observan apenas cultivos, pero sí empastadas para ganado vacuno. El sector queda situado en pleno sitio prioritario Cajón del río Teno, con presencia del bosque caducifolio de montaña y Ciprés de la Cordillera y con apreciable riqueza faunística patrimonial. Cabe mencionar que los taludes ribereños constituyen el hábitat del loro Tricahue.

Las soluciones de La Jaula se sitúan aguas arriba, a mayor altitud; sin embargo se detectó mayor uso agrícola, focalizado en terrazas fluviales en ambas riberas. El paisaje está dominado por laderas cubiertas con vegetación forestal, de similares características ambientales a Los Queñes: está incluida en el sitio prioritario Cajón del río Teno, existe anidamiento del loro Tricahue en taludes ribereños y tiene alto valor paisajístico. El uso turístico se presenta más restringido que en Los Queñes, por la mayor altitud.

12.2. VALORACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica realizada ha considerado los costes y beneficios de cada solución, con diferentes tamaños, obteniendo diversos indicadores económicos y analizando la sensibilidad a la variación de algunos parámetros de partida. El análisis financiero contempla un horizonte de evaluación de 30 años.

El principal beneficio de la construcción de un embalse corresponde al aumento en la seguridad de riego, lo que permite mejorar la expresión del potencial productivo de los cultivos, provocando la inversión en cultivos de mayor rentabilidad, que no se produciría sin la seguridad de riego que proporciona el embalse. Por tanto, los beneficios considerados en la evaluación han sido los incrementos de la producción agrícola, el valor incremental de la tierra, y la potencial producción hidroeléctrica.

El beneficio real por control de crecidas puede ser muy significativo, aunque no resulta cuantificable económicamente en fase de prefactibilidad. No obstante, teóricamente el mejor embalse es el situado más aguas arriba (La Jaula-2), pues es el que permite mayor tiempo de reacción ante los posibles daños.

Tampoco resulta posible la cuantificación económica de los posibles beneficios sobre el turismo. Algunas actividades turísticas actuales resultarían obstaculizadas en cierto tramo del río, y otras actividades turísticas relacionadas con el turismo rural podrían potenciarse con el embalse. El posible beneficio de entregar un caudal firme a sistemas de APR locales, teniendo en cuenta las características poblaciones en esta zona de la Región del Maule, puede considerarse inexistente.

Los costos corresponden a la construcción de la infraestructura (presa y obras complementarias), la mejora y tecnificación de infraestructuras de riego actuales, las medidas de mitigación ambiental, las expropiaciones necesarias, la restitución de los viales y otras infraestructuras civiles afectadas, los costos de operación y mantención de las obras, y el coste opcional de construcción de la posible central hidroeléctrica a pie de presa.

De la valoración económica realizada, se deduce que el coste de construcción de Los Queñes es muy superior al de La Jaula-1 y 2. La Jaula-2 es la menos costosa, un 15% menos que La Jaula-1 y un 25% menos que Los Queñes. En efecto, a pesar de que las dos soluciones de La Jaula son aparentemente muy semejantes, el volumen del cuerpo de presa de La Jaula-1 es significativamente mayor, y también son más costosos sus accesos.

Las medidas de carácter ambiental son muy semejantes en los 3 emplazamientos (más de 4.500 millones de pesos); algo mayores en La Jaula-1, después La Jaula-2 y después Los Queñes. En el coste de las expropiaciones hay diferencias significativas entre los Queñes y las alternativas de las Jaulas (del orden de 1000 millones de pesos): la más costosa es Los Queñes, después La Jaula-1 y por último La Jaula-2.

Las expropiaciones son mayores en Los Queñes (casi 5.400 millones de pesos) que en La Jaula (entre 4.216 y 4.259 millones de pesos), lo que significa un 25% más aproximadamente, debido a su mayor superficie de inundación, que también afecta a más superficie de bosques y de cultivos. En cuanto a las medidas correctoras de carácter ambiental, incluyendo la reforestación, en Los Queñes se estima un presupuesto de 4.514 millones de pesos. En La Jaula es del mismo orden, entre 4.697 y 4.579 millones de pesos, a causa de la superficie de bosque afectada.

En conjunto, el presupuesto total de Los Queñes (311.269 millones de pesos) y de La Jaula 1 (277.630 millones de pesos), resultan respectivamente un 31% y 17% más altos que el presupuesto de La Jaula-2 (237.834 millones de pesos), que es el menos costoso.

Tabla 12-2. Resumen de Costos Totales del embalse (millones de $)

	Los Queñes	La Jaula-1	La Jaula-2
Coste de construcción (millones $)	311.269	277.630	237.834
Coste de expropiaciones (millones $)	5.318	4.259	4.216
Coste medidas ambientales (millones $)	4.514	4.697	4.579
Coste Total (millones $)	321.101	286.587	246.628

En cuanto a otros posibles beneficios, el beneficio por control de crecidas (daño mínimo evitado) es despreciable teóricamente en los tres casos, debido a las conservadoras hipótesis de evaluación. No obstante, la curva de embalse de Los Queñes es más favorable a la laminación de crecidas (disminuye un 20% el valor del caudal máximo en el peor de los casos, con embalse lleno) que los embalses de Las Jaulas; si bien, los embalses de Las Jaulas permiten algo más de tiempo de reacción ante los posibles daños por encontrarse aguas arriba, lo que también amortigua algo la onda de crecida desde el desagüe de la presa hasta la llegada a la zona sensible (población de Los Queñes).

Respecto al posible potencial hidroeléctrico, las potencias instaladas son muy similares en los tres casos, algo mayor en Los Queñes (22,9 MW) que en La Jaula (20,8-20,9 MW). Con un factor de planta del 52% en Los Queñes y 44% en La Jaula, la producción hidroeléctrica promedio se ha estimado en 105 GWh anuales en Los Queñes, y 80 GWh anuales en La Jaula. El presupuesto para construcción de la central se ha estimado muy próximo a 25 millones de dólares en los tres casos. Por tanto, la central en Los Queñes es más rentable.

Existen otras externalidades positivas, como la generación de empleo agrícola (permanente y temporal), la rentabilidad por hectárea productiva (cociente entre beneficio agrícola y número de hectáreas beneficiadas), el ingreso per cápita asignable al sector agropecuario (cociente entre el beneficio ocasionado y el número de agricultores beneficiados) y la generación de impuestos.

Finalmente, los resultados del estudio económico-financiero realizado muestran que a precios sociales, el proyecto es altamente rentable para los tres embalses, tanto en la evaluación para uso exclusivo de riego, como para uso compartido de riego e hidroeléctrico.

Tabla 12-3. Resumen de resultados de la evaluación económica uso riego

Solución	V. Emb. (hm^3)	VAN (MM $)	IVAN	VAN/Sup (MM $/ha)	n/k	TIR (%)
Los Queñes	176,0	439.639,2	1,94	16,0	2,60	12,92%
La Jaula-1	160,0	461.939,4	2,23	16,8	2,82	13,63%
La Jaula-2	160,0	473.091,0	2,36	17,2	2,94	13,97%

12.3. RECOMENDACIÓN DEL PROYECTO DE EMBALSE

En conclusión, conforme a los resultados obtenidos, se recomienda continuar en etapa de Factibilidad con el desarrollo del embalse **La Jaula-2 con un volumen de 160 hm^3 (Escenario 2)** para el uso en riego. Todos sus indicadores son mejores que los presentados por los demás embalses y escenarios.

También se recomienda avanzar en el análisis del proyecto de generación hidroeléctrica, ya que mejora significativamente los indicadores económicos, logrando una muy buena rentabilidad.

Por otra parte, el análisis de sensibilidad muestra que el proyecto es rentable para la mayoría de los casos, lo que refuerza la recomendación anterior.