



GOBIERNO DE

CHILE

COMISIÓN NACIONAL
DE RIEGO

**PROGRAMA DE CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACIÓN DE
OBRAS MEDIANAS DE RIEGO - PROM**

**CONSULTORÍA:
ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD
MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE RIEGO
CANAL ALMAHUE**

INFORME FINAL

RESUMEN EJECUTIVO

SANTIAGO, MARZO DE 2010

PROCIVIL INGENIERIA LTDA.

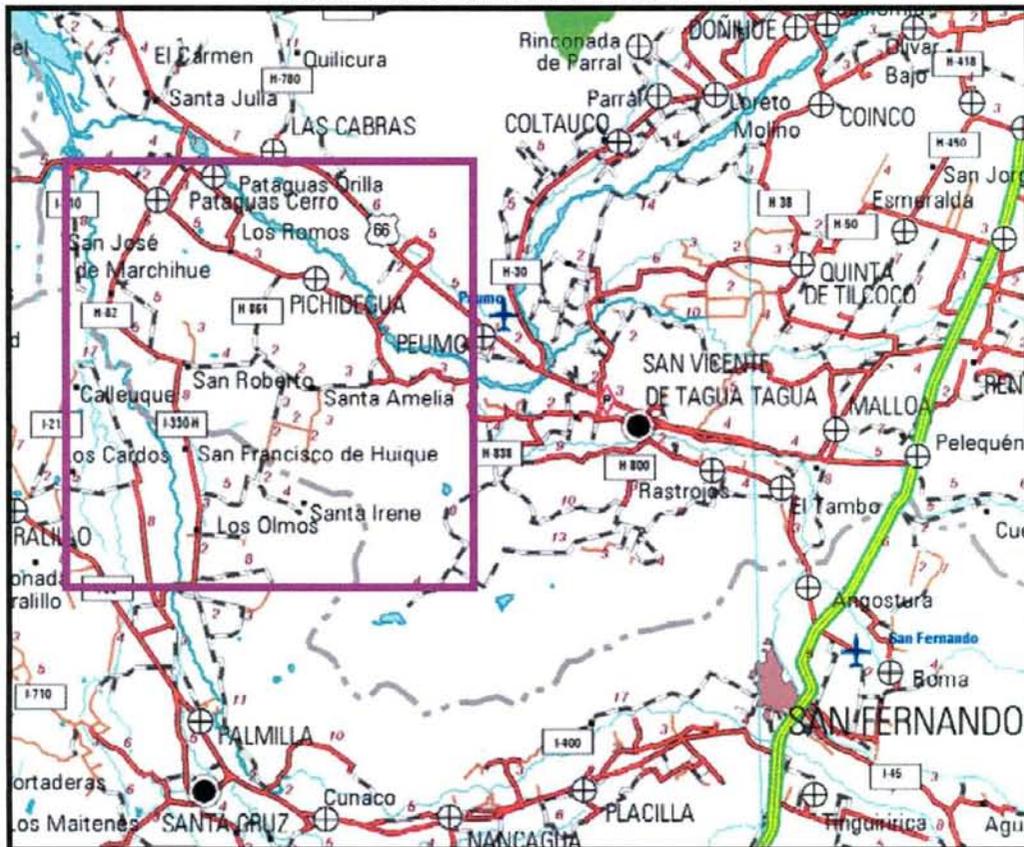
Dir: Av. 11 DE SEPTIEMBRE 1.480 OF. 82 PROVIDENCIA – SANTIAGO
Fonos: 02-2358656 02-2360325 e-mail: procivil@entelchile.net www.procivil.cl

1.- Generalidades.

El presente estudio de prefactibilidad elaborado al amparo del Programa de Riego de Obras Medianas (PROM), ha sido solicitado por la Asociación de Canalistas del Canal Almahue a la Comisión Nacional de Riego, a fin de analizar el estado del canal y plantear soluciones rentables de mejoramiento para el sistema de riego comunero, del cual dependen 720 agricultores con 7.200 ha de riego permanente.

El estudio se inserta principalmente en la Comuna de Pichidegua – Provincia de Cachapoal, y en menor parte en la Comuna de Palmilla – Provincia de Colchagua, ambas en la Región de O'Higgins. En la Figura N° 1 se presenta la localización del área del proyecto.

**FIGURA N°1
LOCALIZACIÓN ÁREA DEL PROYECTO**



Fuente: MOP, 2009.

El sistema Almahue comprende básicamente una red de canales de 59,2 km, que se inicia en el canal matriz, de 7,17 km con una capacidad de porteo de unos 10 m³/s desde su captación en la confluencia del Río Cachapoal y el Estero Zamorano; hasta el marco Retén. En el marco Retén se dividen las aguas en sus derivados El Salto con 18,5 km y el Santa Amelia con 7,25 km. Al término del derivado Santa Amelia se entrega a su vez a los subderivados San Roberto con 13,83 km y San Luis con 12,45 km.

La aplicabilidad del PROM en este proyecto, se evidencia al analizar el actual proceso de desarrollo de zonas rurales que giran y se desenvuelven en torno a la actividad agrícola de riego. Las asociaciones de canalistas desempeñan un rol único en el mundo rural, en especial cuando predominan los pequeños propietarios y los de perfil campesino como es el caso del Almahue, que necesitan muy especialmente del trabajo de esas organizaciones para abordar, en forma común, los mejoramientos en el sistema hídrico del cual dependen, ya que suelen carecer de la capacidad económica y de la preparación profesional para resolver sus problemas en forma individual. En los Cuadros N°1 y N°2 siguientes se observa la distribución actual de predios según los sectores de riego y según tamaño respectivamente, que evidencia el carácter campesino del sector Almahue.

**CUADRO N°1
NUMERO DE PREDIOS Y SUPERFICIES POR SECTOR**

Sectores	N° de Predios	Superficie Regada (ha)	Superficie Total (ha)
Larmahue	186	455,0	1.284,8
Santa Amelia	73	892,3	1.601,1
Toco San Roberto	99	1.958,1	4.493,9
San Luís	224	2.428,8	2.631,7
El Salto Santa Irene	138	1.422,6	1.549,6
Total Área Proyecto	720	7.156,8	11.561,1

**CUADRO N°2
DISTRIBUCION DE PREDIOS Y SUPERFICIES
SEGÚN TAMAÑO DE ESTRATOS**

Predios	Estratos (ha)	N° de Predios	Superficie Regada (ha)	Superficie Total (ha)
Chicos	0,1 – 5	297	336	546,,1
Medianos	5,1 – 25	392	5.077,9	6.054
Grandes	25,1 y más	31	1.742,9	4.961
Total Área Proyecto		720	7156,8	11561,1

Durante las últimas décadas, se ha verificado en forma creciente en Chile, las mayores exigencias que recaen sobre las actividades agroeconómicas, muy ligadas a la competitividad del país insertado en mercados comercialmente globalizados. Los planes de las instituciones de gobierno, han orientado sus esfuerzos con apoyo a estos sectores productivos, diseñando planes de desarrollo de elevada significación social. La agricultura representa actualmente un serio desafío para los gobiernos, al congregarse muchos elementos complejos ligados entre sí, en que destacan especialmente: su elevado potencial económico y la gran cantidad de gente ó empleos pertenecientes a los estratos no calificados o semi calificados; la necesidad de generar polos de desarrollo rural con el consiguiente arraigamiento poblacional lejos de las grandes urbes; la necesidad de mejorar permanentemente los estándares productivos, tendientes a lograr la sustentabilidad del empleo y el financiamiento de inversiones agrícolas sujetas a la certificación y el acceso a mercados internacionales; la creación de una legislación moderna que facilite las actividades conducentes al desarrollo y en armonía con el medio ambiente, etc.

Las organizaciones agrícolas y de la administración de los recursos hídricos, están tomando conciencia de su responsabilidad en este proceso modernizador, en que

destacan algunas de ellas por su dinamismo y capacidad para crecer y mejorar sus sistemas e infraestructura de captación, mejoramiento de calidad de agua, obras de conducción y distribución del agua.

Por otro lado, la política actual de la CNR propende al uso múltiple del agua en los sistemas de riego. Sin embargo, las obras de riego proyectadas a nivel de prefactibilidad, como las del presente estudio, deben cumplir primero con alcanzar una rentabilidad mínima del 8% (TIR), para avanzar a las etapas siguiente de factibilidad, diseño y de construcción. Los restantes usos del agua que se analizan, tal como generación eléctrica u otras, a su vez, para seguir siendo consideradas en etapas sucesivas, deben mostrar que también son rentables por sus propios méritos. En efecto, la hidrogenación arrojó en este caso particular índices económicamente no viables, considerando los actuales niveles de precios, por cuanto será de interés revisar los resultados en futuras etapas, si hubiere cambios sustantivos de precios.

2.- Problemática del sistema canal Almahue.

Los problemas más relevantes detectados que afectan al sistema canal Almahue, se basan en las conclusiones del trabajo de diagnóstico realizado para esta consultoría en el año 2009, que involucró principalmente toda la infraestructura de la red del canal Almahue. Estos se pueden resumir en los cinco aspectos que se señalan a continuación:

i.- Calidad del agua de riego.

Actualmente el agua captada está contaminada desde las mismas fuentes que son el río Cachapoal y el Estero Zamorano; además internamente el canal sufre con las descargas domiciliarias y basuras urbanas provenientes de viviendas rústicas ubicadas en el camino de servicio del canal. Existe una Resolución del Ministerio de Salud que prohíbe los cultivos de riego con el canal a ras de tierra para consumo fresco, lo cual afecta económicamente a la mayor parte de los regantes del canal clasificados como pequeños y medianos, que generalmente tienen interés en los cultivos de hortalizas.

ii.- Limitaciones en la actual capacidad del canal matriz.

El canal matriz ha ido perdiendo paulatinamente sus condiciones de porteo, porque la Asociación tiende a captar un caudal de hasta 11,5 m³/s para servir adecuadamente la demanda en sus derivados, haciendo uso de las revanchas de seguridad, lo cual genera problemas de socavación y desbordes en el sector Larmahue, que afectan al entorno suburbano de la Comuna de Pichidegua.

Además se ve afectado en su capacidad debido al emplazamiento de 37 ruedas azudas de gran tamaño, que son de propiedad privada, las cuales extraen agua desde el canal. Sus propietarios suelen construir empalizadas rústicas en el interior del canal para desviar las aguas hacia las ruedas, generando tacos con la basura que atrapan. Muchas de las ruedas no tienen derechos de agua y además no cancelan las cuotas a la Asociación. 17 de estas ruedas antiguas, fueron declaradas monumentos históricos, lo cual constituye parte del patrimonio cultural de esta zona, exigiendo cuidados especiales para proyectar eventuales modificaciones en esos puntos.

iii.- Bordes del canal matriz amagados por inestabilidad.

El canal matriz tiene gran parte de sus bordes en mal estado, en parte provocado por el nivel excesivamente remansado y sin revanchas de su eje hidráulico en régimen normal en el período de riego. En este problema colaboran los tacos que forman las empalizadas rústicas delante de las ruedas azudas. Asimismo el suelo predominante corresponde a limos de baja cohesión, lo que facilita su desmoronamiento y planchoneos que ensanchan la sección superior del canal y amenazan la estabilidad del pavimento en el camino público aledaño, que tiene gran importancia por representar la única conectividad vial entre San Vicente, Larmahue y Pichidegua, San Roberto, Santa Matilde, etc.

iv.- Aguas lluvias.

El canal matriz recibe abundantes caudales de aguas lluvias en su trazado, los cuales legalmente no le corresponde transportar ni evacuar. Este problema es mayor aún al no disponer de desagües o descansos en dicho tramo, todo lo cual favorece la incorporación de sedimentos y detritos provenientes de los cerros colindantes.

v.- Puntos específicos de bordes débiles en los derivados; mejoramiento de tranques nocturnos y el túnel El Toco.

Existen puntos con problemas de estabilidad de bordes en los derivados que requieren refuerzos; asimismo en la entrada del túnel El Toco requiere refuerzos para estabilizarlo. También existen tranques comuneros nocturnos ubicados en la red de distribución secundaria, que presentan embanque y se requiere su recuperación para mejorar el grado de eficiencia de abastecimiento de agua en esos sectores alejados de la bocatoma. Este último tema tiene una relevancia muy menor comparado con los otros cuatro citados anteriormente, lo cual se demuestra también en su incidencia marginal en el presupuesto de obras.

3.- Objetivos y orientación del estudio.

El presente estudio de prefactibilidad se orienta al diagnóstico y luego al planteamiento de soluciones múltiples o combinadas, especialmente para mejorar la calidad de agua, las condiciones de conducción y disminuir pérdidas por infiltración, cuyo dimensionamiento se realiza determinando los beneficios de cada obra principal, identificando además los beneficios de cada uso o parte del proyecto, integrando los flujos finales correspondientes en un solo sistema de cálculo o planilla de flujos que determina los parámetros económicos finales. Este procedimiento exigió utilizar las funciones de producción agrícola, según el nivel de satisfacción de la demanda hídrica, junto con formular los beneficios del cambio de rubros productivos agrícolas de mejor rentabilidad al disponerse del agua sin contaminación. Una clara justificación del uso de sedimentadores como el que se recomienda en el presente estudio, para mejorar la calidad bacteriológica del agua, lo constituyen las concluyentes experiencias recabadas en la Asociación Canales Unidos de Buín. Dichas experiencias determinaron una reducción de casi 40% de la carga bacteriológica de coliformes fecales en el paso del flujo de agua de riego a través del sedimentador de dicha asociación.

Tanto en el lineamiento de los objetivos de este estudio, como en todo su desarrollo ha participado la Asociación, contribuyendo con la descripción de sus propios problemas y algunas soluciones que también han estado aplicando puntualmente en los últimos años, sin embargo la envergadura de los problemas detectados y el costo de las soluciones conjuntas, supera las posibilidades de los medios empleados anteriormente por ellos, haciendo aconsejable la incorporación del canal en el programa nacional del PROM que maneja la CNR.

Otro elemento que se constituye como objetivo del estudio se refiere a la concreción del denominado: "Documento Acuerdo de Proyecto Integrado", que suscribieron conjuntamente la Asociación con la consultora. Este documento es la resultante de la activa participación de los organismos de base que operan en torno a la Asociación Canal Almahue, denominados Comités Sectoriales. En dicho documento se contienen además las necesidades que han sido señaladas a lo largo del tiempo, por los diferentes organismos territoriales de Participación Ciudadana que influyen en la actividad propia del canal como lo es especialmente la Municipalidad de Pichidegua; así mismo aquellos influenciados por la actividad del canal, como son los numerosos propietarios de terrenos que colindan con el canal y también los mismos regantes- usuarios de las aguas que conduce el canal.

Finalmente, este estudio apunta al objetivo de dar cabal respuesta a las necesidades propuestas especialmente por los usuarios del sistema hídrico canal Almahue, mediante un proyecto de inversión en obras civiles que se concentra en los 7,1 Km del canal matriz mediante un revestimiento de bordes y fondo que totaliza aproximadamente 6 Km, con un proyecto optimizado y económicamente rentable, el cual cumple con el marco general que establece el programa modernizador del PROM de la CNR.

4.- Gestación del estudio e integración con otros programas.

El Directorio de la Asociación ha estado trabajando desde hace una década en la concreción de los mejoramientos más urgentes que se requieren en los 5 sectores que abarca el proyecto, denominados: El Salto-Santa Irene, San Luis-Caleuche, Santa Amelia, San Roberto-El Toco y Larmahue; abordando aquellas obras civiles posibles de cofinanciar, aplicando los instrumentos disponibles en las instituciones competentes, destacando 2 proyectos acogidos al subsidio de la Ley de Fomento (N°18.450) y otros 8 proyectos menores de financiamiento directo que ha otorgado el Indap para el revestimiento de tramos del canal matriz, perfilamiento de canales derivados, descargas y obras de distribución extraprediales. En este período el Directorio ha debido reformular su gestión, asumiendo un rol protagónico de su propio desarrollo, el que ha caracterizado su esfuerzo, llevándolo a involucrarse en la planificación de los mejoramientos, así como a interactuar con instituciones públicas y privadas para captar recursos, además de la aplicación de diferentes programas de adelanto para el canal, en relación al mejoramiento de la calidad de aguas que provienen del río Cachapoal que financió el Gobierno Regional de la Región de O'Higgins, y de un programa orientado a perfeccionar los títulos de agua que fue financiado por la Comisión Nacional de Riego CNR. Así mismo la CNR encargó al Centro Nacional del Medio Ambiente – CENMA de la Universidad de Chile el denominado: "Programa de Capacitación en Calidad de Agua y Buenas Prácticas Agrícolas para Riego", que incluye la obtención de muestras de agua en los canales del sistema Almahue, y su análisis. Además se tomaron muestras de agua en el río – dentro del área

de influencia del proyecto, como parte del "Plan de Gestión del río Cachapoal" coordinado por el "Consejo Directivo del río Cachapoal" el cual se inició en el año 2002. Este último programa se financió con recursos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA.

En la gestación de la idea de este estudio participó activamente la Asociación, contribuyendo también con algunas propuestas de soluciones de revestimiento que han estado aplicando puntualmente en los últimos años. Sin embargo, por la envergadura de los problemas detectados y el alto costo de las soluciones conjuntas, supera las posibilidades de los medios empleados anteriormente.

5.- Recursos hídricos disponibles para el proyecto y calidad de agua.

En relación a la disponibilidad hídrica en las fuentes naturales constituidas por el río Cachapoal y el Estero Zamorano, se puede señalar que ellas entregan un caudal de 38 m³/s como promedio de los tres meses de mayor demanda de riego (diciembre, enero, febrero) para un año hidrológico 50%, y correspondiéndole 11,6 m³/s al canal. En un año seco del tipo 85% el río dispone de 28 m³/s y al canal le corresponde extraer 8,5 m³/s. Estos caudales no permiten satisfacer íntegramente la demanda hídrica de riego del canal Almahue, considerando además que existe una importante infiltración a lo largo de su trazado.

Legalmente, la Asociación puede extraer 14 m³/s, conforme a sus derechos expresados en caudal en sus escrituras de constitución, el cual está disponible en el río en años húmedos del tipo 40% de seguridad hidrológica en el mes de diciembre. La Junta de Vigilancia de la Tercera Sección del Río Cachapoal, le asigna un 30,43% de los recursos hídricos disponibles, especialmente cuando el caudal total a repartir es menor a 40 m³/s, el cual se reparte entre 4.000 acciones en esta Sección.

No obstante, la calidad del agua que portea el canal Almahue sufre contaminación bacteriológica, lo cual está limitando severamente la producción de hortalizas por la prohibición a dicho riego impuesta por el Ministerio de Salud en el año 2005. Este problema tiene consecuencias económicas especialmente para el sector campesino que constituyen la mayoría de estos agricultores. Las soluciones a este problema podrían adquirir formas múltiples y un costo relevante.

La mitigación de este factor en la agricultura, como es la contaminación de las aguas, se realizó, en lo que concierne al presente estudio, integrando obras en la bocatoma que permiten decantar las arenas y otros sedimentos y eliminar las basuras que llegan desde las fuentes, para evitar su entrada al sistema de conducción, complementadas por otras medidas como la eliminación de los ductos de aguas servidas que caen al canal en su paso por el pueblo de Larmahue e impedir que el canal y sus derivados se usen como vertedero de basuras, dentro del área el proyecto.

Las medidas de mitigación mencionadas no eliminarán totalmente la contaminación de las aguas pero, bajarán significativamente, el nivel de ésta de forma que, con medidas complementarias, como los tratamientos prediales del agua con luz ultravioleta u otros métodos, se pueda eliminar la contaminación del agua de riego a costos razonables.

6.- Aspectos agronómicos.

El desarrollo agropecuario que se analizó está basado en los efectos directos que producirán las obras proyectadas para la situación "Con Proyecto" o "Situación Futura". Sin embargo, de acuerdo a la metodología, habrá una relación biunívoca entre los grados de desarrollo agropecuario que se plantean para el futuro y el tipo y magnitud de las obras de riego que se han proyectado, lo cual se definió de acuerdo a un modelo ad hoc de funciones productivas. Lo anterior significa que, aunque aquí se plantee un desarrollo agrícola para el máximo potencial posible de lograr con los mejoramientos del canal, es el modelo con las funciones productivas el que define, finalmente, el porcentaje de este desarrollo que es el más adecuado.

Las obras hidráulicas proyectadas consisten en el mejoramiento de las condiciones de escurrimiento del canal, lo que se traducirá especialmente en una disminución muy significativa de las actuales pérdidas de agua que ascienden a 730 l/s en el canal matriz, recomendándose que con el proyecto quede revestido íntegramente. En otras palabras, como beneficio directo, habrá un incremento de la cantidad de agua de riego disponible a nivel predial y, por ende, en la posibilidad de incrementar la superficie regada cercana a 2.500 ha preferentemente en aquellos terrenos aún de secano, ubicados sobre cota de canal o en el uso más intensivo de suelos ocupados con pastos naturales, con riego precario, bajo cota de canal.

De acuerdo a lo determinado en el diagnóstico, entre los factores que limitan a la agricultura y puede hacerlo aún más en el futuro próximo, destaca precisamente la mala calidad de las aguas que ingresan al canal. El efecto directo actual de esta contaminación es la prohibición del cultivo de hortalizas de hojas y otras, y en breve plazo se cierra además sobre el área la posible prohibición de la exportación de frutas de huertos regados por el canal.

En base a los tipos de obras que se proyectan, se plantearon 3 escenarios para el desarrollo agropecuario futuro que se evaluó. El primer escenario parte del supuesto que el Sistema de Riego Canal Almahue dispondrá de mayor cantidad de agua, dada las mayores eficiencias de captación y conducción que permitirán las nuevas obras hidráulicas. Ello significará un incremento del área regada basado en la utilización de superficies actualmente de secano ubicadas de preferencia en suelos de piedmont, sobre cota de canal.

El segundo escenario evaluado es el efecto en la agricultura actual de las obras de descontaminación de las aguas de riego para, finalmente, evaluar un tercer escenario que representa la combinación de los dos anteriores, es decir, el efecto de la descontaminación en una agricultura futura y la incorporación de mayor superficie.

El primer y tercer escenario se evaluó con el tradicional "Método del Presupuesto", mientras el segundo escenario se evalúa con base al "daño evitado", es decir, las pérdidas que se producirían en la agricultura, al ser castigada por la mala calidad del agua de riego, pasan a representar los beneficios de las obras que se construyan para poder evitarlas. En el segundo escenario se valoriza la fruticultura de exportación no con precios internacionales, sino con precios del mercado interno que es precisamente el peor de los casos para este rubro productivo.

Los supuestos de desarrollo que se tuvieron presentes en la determinación de la Situación Futura, con proyecto de riego, son los siguientes:

- Todos los beneficios que se cuantifican en este proyecto multiuso son atribuibles sólo a las obras hidráulicas proyectadas.
- La expansión de la fruticultura futura se realiza sólo en los predios que ya poseen la especialización productiva, niveles tecnológicos y economías de escala. Además, ya cuentan con la infraestructura de empaque, comercialización y de servicios para ello, y con la mano de obra especializada. Además, disponen de los derechos de agua necesarios para asegurar el riego en los períodos de máxima demanda.
- La nueva superficie de frutales se implantará en forma proporcional en un plazo de 5 años. La nueva superficie de cultivos anuales se realizará, también proporcional pero en un plazo más breve, en sólo 2 años.
- Las especies frutales a considerar son las mismas que existen en la actualidad y que presentan gran rentabilidad por ser exportables.
- El impacto del proyecto en los márgenes económicos se mide a través de la mayor disponibilidad del agua de riego, debido a la disminución de las pérdidas por la obras en la bocatoma y por el mejoramiento de los canales.
- Se han considerado sistemas de riego presurizados para las nuevas superficies de frutales que se planten como efecto directo del mejoramiento del canal.
- El desarrollo agropecuario planteado debe sustentarse en el tiempo, y para ello, se debe asegurar que la incorporación de las nuevas superficies de frutales y cultivos anuales se realice apenas las obras queden terminadas. Se ha considerado que las obras hidráulicas demorarán un año en su implementación y, por ende, las nuevas plantaciones de frutales menores y el incremento de superficie de cultivos anuales, se deberán realizar desde el año 1 del proyecto en adelante.

Como consecuencia de lo anterior, los principales beneficios agrícolas directos esperables que se produzcan son:

- El aumento de la superficie regada de 6.883 ha y, con ello, la expansión del área con riego permanente a máximo 9.633 ha será en reemplazo de parte de lo que actualmente se mantiene de seco y lo actualmente regado en forma eventual con pastos naturales.

En el Cuadro siguiente puede verse el potencial uso futuro de la tierra para el total del área del proyecto, que abarca hasta 9.633 ha, diferenciado según los 3 estratos de tamaño de los Predios Tipo.

**CUADRO N°3
EVOLUCIÓN DE SUPERFICIES ÁREA TOTAL DEL PROYECTO**

TAMAÑO DE ESTRATO (ha)	SUPERFICIE DE RIEGO ACTUAL (ha)	SECANO INCORPORABLE AL RIEGO (ha)	SUPERFICIE DE RIEGO FUTURA (ha)
0,1 – 5	305	28	333
5,1 - 25	4.835	828	5.663
25,1 y más	1.743	1.894	3.637
TOTAL (ha)	6.883	2.750	9.633

Nota: no incluye área forestal y otros no agrícolas productivos.

- El incremento de frutales en los predios que por tamaño y disponibilidad de agua, podrán incrementar estos cultivos permanentes.
- Un aumento de la superficie de cultivos hortícolas del área del proyecto y para lo cual presentan ventajas naturales y de experiencia en su cultivo, como son el melón, la sandía y el tomate.
- Disminuirá el riesgo de rechazo de la fruta que se envía al exterior.

7.- Dimensionamiento de obras, análisis de alternativas y anteproyecto preliminar.

Se hizo un estudio de alternativas constructivas que se orientó a encontrar soluciones optimizadas para obras civiles, enfatizando los aspectos técnicos y la obtención del mínimo costo, tal que se maximicen los beneficios económicos de las obras principales. El proyecto multiuso cuya inversión asciende a unos 6.500 millones de pesos, consulta obras de tamaños muy diversos, lo cual determina su análisis con diferentes énfasis y metodologías, profundizándolo en aquellas que gravitan más en el presupuesto y en los flujos del proyecto.

El análisis de alternativas se centró en comparar diferentes tipos de revestimiento para el canal matriz. Al respecto se plantearon 3 alternativas de materiales: hormigón armado, losetas prefabricadas de hormigón armado y albañilería de piedra. Se destaca que la Asociación canal Almahue tiene gran experiencia en el revestimiento con losetas y con hormigón armado. La loseta es más económica que el hormigón a igualdad de área revestida, sin embargo, se analizaron ambas alternativas para las alturas de agua específicas que resultan, ya que puede darse que con el hormigón resulten alturas menores comparadas con las losetas que son de una altura estándar de 50 cm de ancho.

Principalmente se estudió 6 alternativas técnicas de revestimientos del canal matriz Almahue. Se recomendó la solución de revestir ambos bordes mediante losetas prefabricadas de hormigón armado y piso de albañilería de piedra en todos los tramos que actualmente no están revestidos. Además se estudiaron 2 alternativas de materiales de construcción para los refuerzos de borde mediante revestimiento en los canales derivados, que se propone ejecutar mediante media canoa de hormigón armado; 2 alternativas de materiales de construcción para la fortificación de la boca de entrada del túnel San Roberto; 2 alternativas de reja tradicional de acero abatible de operación manual como alternativa a la reja de acero inoxidable de operación mecánica; 2 alternativas de materiales de construcción para el descanso en el Km 5,05 del canal matriz y finalmente un sedimentador como alternativa al sistema de filtrado con cartuchos, en que se recomendó el sedimentador por su significativo menor costo.

El revestimiento del canal matriz de 7,1 Km es la obra más incidente en el costo del proyecto de mejoramiento del proyecto Almahue. El costo directo del revestimiento se ubica en el rango de 1.800 a 3.400 millones de pesos, dependiendo de los materiales y de si sólo se revisten los 2 bordes, o bien se revisten los bordes y también el fondo. Estas variantes entregan diferentes recuperaciones de caudal, con los consiguientes beneficios asociados a cada tipo de diseño.

Las pérdidas por infiltración se caracterizaron apoyadas en aforos practicados en los canales que reúnen aptitudes, esto es, sin saques ni interferencias notorias. Con dicha información se calibró la función semiempírica de Moritz, que depende del caudal. Con

esta información se analizó la recuperación de agua que permite incrementar la superficie de riego con la disponibilidad de 730 l/s adicionales a nivel del marco el Retén Viejo.

En toda la red de canales, la pérdida en situación actual alcanza a 3.300 l/s en año normal, captando 11,5 m³/s en bocatoma. En ese mismo escenario hidrológico, si se tiene revestidos los bordes y fondo de los 7,17 km del canal matriz la pérdida en toda la red se reduce a 2.650 l/s, de donde se concluye que la recuperación total es de 650 l/s, equivalente a un 6% de lo captado en bocatoma.

Actualmente el canal matriz Almahue tiene aproximadamente 1.400 m lineales de bordes revestidos, pero no cuenta con revestimiento en el fondo. Los revestimientos existentes en el canal son losetas prefabricadas de hormigón, muros verticales de hormigón armado y muros verticales de albañilería de piedra.

El revestimiento del canal que se propone incide entre otros, en resolver el problema de inestabilidad de los bordes del canal, que es el problema principal que aqueja actualmente a la Asociación, ya que es fuente de múltiples reclamos de pobladores de la localidad de Larmahue. Por otra parte, debido a la inestabilidad de los bordes que se socavan, se ha ido ensanchando paulatinamente el canal, comprometiendo también terrenos que son de propiedad privada. Ello significa un costo para la Asociación, ya que esa organización se encarga de reparar los bordes colapsados, mediante muros de losetas u hormigón. Los daños más frecuentes y significativos son el desplome de puentes rústicos que dan acceso a propiedades, y también el amago de construcciones ubicadas ahora sobre la servidumbre de servicio del canal.

Se hizo además un dimensionamiento económico a las obras previamente analizadas en sus alternativas técnicas de solución, mediante flujos económicos, para obtener el mejor VAN. Las obras que se dimensionaron con el VAN y los flujos de 30 años, corresponden a tres grupos principales que efectivamente tienen mayor gravitación en el presupuesto del proyecto multiuso: el revestimiento del canal matriz Almahue; el mejoramiento de calidad del agua con un sedimentador comunero que incluye las rejas más la recuperación del camino de servicio para control de efluentes.

En estos tres casos, los costos de inversión quedan definidos básicamente por sus dimensiones geométricas principales, que es materia de un análisis técnico-económico empleando funciones de producción, que posibilitan la optimización del diseño. Estas funciones se han construido a partir de los estudios agroeconómicos y sus encuestas y corresponden a herramientas de cálculo, que permiten relacionar las dimensiones de cada obra y su costo, con un determinado beneficio económico asociado representado por el VAN, con 30 años de flujos.

El análisis de los aspectos técnicos de las obras relevantes, se orienta a garantizar el adecuado funcionamiento de la solución propuesta y empleando materiales de mínimo costo; en tanto el enfoque económico se refiere a optimizar los múltiples beneficios económicos específicos atribuibles a cada nueva obra, que se relacionan con su eficiencia de uso y sus dimensiones características que influyen en el costo; de este modo el mayor VAN se asocia a la dimensión característica que optimiza cada obra relevante del proyecto.

A diferencia de las obras relevantes señaladas, el proyecto consulta varias obras menores diseminadas a lo largo del canal. Para estas obras menores, su optimización tiende a minimizar el costo para solucionar un problema determinado que tendrá un impacto localizado. La optimización de cada una se refiere al uso de diseños probados anteriormente en múltiples oportunidades y además están ampliamente explicadas y recomendadas en la literatura técnica. Asimismo se han empleado manuales de diseño de la CNR para estas obras y diseños tipificados por la DOH, que incluyen las recomendaciones para este tipo de obras menores.

Finalmente se hizo los anteproyectos de las obras señaladas y algunas otras obras complementarias menores que son necesarias para satisfacer el objetivo del conjunto del proyecto multiuso y por expresa exigencia de la Asociación, que se ubican en los ramales derivados.

8.- Evaluación económica.

La metodología empleada se orientó a determinar la rentabilidad del proyecto, cuyo objetivo final es el mejoramiento del riego agrícola mediante la concreción de obras civiles y muy especialmente, el mejoramiento de la calidad de agua en los canales comuneros, con la cual se riega.

Conforme a los resultados obtenidos en este estudio de prefactibilidad, es recomendable avanzar a la etapa siguiente del estudio que corresponde a la factibilidad del proyecto.

La evaluación económica se realizó para un período de análisis de 30 años con la diferencia monetaria generada por dos flujos que son: situación futura con proyecto, y situación actual o actual mejorada. La diferencia entre los flujos de ambas situaciones, corresponde exclusivamente al aporte incremental atribuible al proyecto. La situación actual se diferencia de la situación actual mejorada, en que esta última incorpora un crecimiento vegetativo de la producción agrícola por la aplicación de medidas de gestión, que mejoren las condiciones de operación y de servicio de la infraestructura, y el mejoramiento u optimización de algunos de sus insumos, tales como: semillas, fertilizantes y eficiencia del riego.

Se elaboraron cinco evaluaciones económicas parciales, esto es, una para cada sector de riego denominados respectivamente: Santa Amelia, San Roberto, El Salto, San Luis y Larmahue; y además una evaluación general para el área total del estudio. A continuación se entrega el resumen de 5 parámetros económicos evaluados a precios sociales y de mercado, con la sensibilización de la inversión inicial, en el rango de (-15%) hasta su máximo, tal que se anula el VAN. Se concluye que el proyecto soporta un significativo aumento de la inversión superior a 15%, sin que ello afecte notoriamente el positivo resultado de la evaluación.

**CUADRO N°4
PARÁMETROS ECONÓMICOS A PRECIOS SOCIALES Y
SENSIBILIZACIÓN CON VARIACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL**

PARÁMETROS ECONÓMICOS	CASO BASE	VARIACIÓN EN EL COSTO DE OBRAS CIVILES lo					
		-15%	-10%	0%	10%	15%	776%
VAN (millones \$)	48.383	49.319	49.007	48.383	47.760	47.448	0
N/K	11,9	14,0	13,2	11,9	10,8	10,3	1,1
AÑO RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	7	6	6	7	7	7	13
TASA INTERNA RETORNO (TIR%)	26,1	27	27	26	25	25	8
AÑO COMIENZO FLUJO POSITIVO	6	6	6	6	6	6	13

**CUADRO N°5
PARÁMETROS ECONÓMICOS A PRECIOS DE MERCADO Y
SENSIBILIZACIÓN CON VARIACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL**

PARÁMETROS ECONÓMICOS	CASO BASE	VARIACIÓN EN EL COSTO DE OBRAS CIVILES lo					
		-15%	-10%	0%	10%	15%	493%
VAN (millones \$)	31.483	32.440	32.121	31.483	30.845	30.526	0
N/K	8,1	9,6	9,0	8,1	7,4	7,0	1,2
AÑO RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	7	7	7	7	7	7	11
TASA INTERNA RETORNO (TIR%)	23,8	24,8	24,5	23,8	23,2	22,9	10,0
AÑO COMIENZO FLUJO POSITIVO	6	6	6	6	6	6	11

Por otra parte también se analizó entre otros, la incidencia de postergar el período de implementación del proyecto de 1 a 4 años. Esta postergación sí resulta muy incidente en los resultados, ya que el VAN se reduce aproximadamente entre 40% y 56%, y la TIR se reduce a sólo 60% con respecto al caso base. En los dos cuadros siguientes se observa el resultado del análisis de sensibilidad señalado.

**CUADRO N°6
PARÁMETROS ECONÓMICOS PARA SENSIBILIZACIÓN CON
POSTERGACIÓN DEL PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN A PRECIOS SOCIALES**

PARÁMETROS ECONÓMICOS	CASO BASE	POSTERGACIÓN DEL PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN AGRÍCOLA (AÑOS)			
		1	2	3	4
VAN (millones \$)	48.383	42.530	37.106	31.986	27.330
N/K	11,9	10,7	9,6	8,6	7,7
AÑO RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	7	8	9	10	11
TASA INTERNA RETORNO (TIR%)	26,1	22	19	17	16
AÑO COMIENZO FLUJO POSITIVO	6	7	8	9	10

**CUADRO N°7
PARÁMETROS ECONÓMICOS PARA SENSIBILIZACIÓN CON
POSTERGACIÓN DEL PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN A PRECIOS DE MERCADO**

PARÁMETROS ECONÓMICOS	CASO BASE	POSTERGACIÓN DEL PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN AGRÍCOLA (AÑOS)			
		1	2	3	4
VAN (millones \$)	31.483	26.300	21.589	17.277	13.385
N/K	8,1	7,2	6,3	5,5	4,8
AÑO RECUPERACIÓN DEL CAPITAL	7	8	9	10	11
TASA INTERNA RETORNO (TIR%)	23,8	20,4	18,0	16,1	14,5
AÑO COMIENZO FLUJO POSITIVO	6	7	8	10	11

9.- Análisis ambiental.

El análisis ambiental concluye que el proyecto de mejoramiento del canal matriz y sus derivados no genera impactos ambientales significativos. Para la etapa de construcción, las recomendaciones se limitan al cumplimiento riguroso de la normativa ambiental relacionada especialmente con el manejo y amortiguación de emisiones. Dicho cumplimiento puede lograrse y complementarse con la utilización de buenas prácticas en la gestión de las obras. Adicionalmente, se recomienda privilegiar la contratación de mano de obra local y la adquisición de materiales y servicios en el comercio de localidades próximas a las obras, lo cual suele actuar como contrapeso a las molestias que sufre la población local, a causa de las faenas.

Para la etapa de operación se recomendó la limpieza para el apropiado mantenimiento de estas obras y el manejo y disposición adecuado de los residuos que se generen, lo cual deberá considerarse por la Asociación Canal Almahue, de manera de realizar una programación de actividades de acuerdo a su experiencia y conocimiento del área de riego, que evite la generación de focos de desechos en el área.

La obra que merece mayor atención desde el punto de vista ambiental lo constituye la obra de descarga proyectada de 3.5 m³/s, desde canal matriz en su Km 5,05, al río Cachapoal. Se recomienda reducir al mínimo necesario la corta de especies vegetales, además de programar las faenas en una época del año distinta a la primavera, de forma que los ejemplares de flora y fauna se encuentren en períodos que les permita enfrentar en mejor forma la acción de las faenas. Por la envergadura de esta obra en particular, será exigible que el proyecto sea ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

10.- Recomendaciones y conclusiones.

i.- Las soluciones adoptadas mejoran el aprovechamiento del agua, especialmente en su calidad de insumo productivo agrícola. Este recurso reúne características especiales e irremplazables, para fomentar el desarrollo rural a través de un mejor uso de este recurso mediante el fortalecimiento organizacional que se logra en torno a un proyecto comunero específico, que concite la unidad de los agricultores y posibilite la incorporación de líderes locales para concretar el proyecto y mantener la unidad de intereses.

ii.- Las soluciones de mejoramiento propuestas, que son fruto del trabajo integrado con la mayoría de los actores locales relacionados con el canal, los cuales se identificaron en el ámbito del programa de Participación Ciudadana, constituyen herramientas que revisten gran importancia para los agricultores beneficiados, ya que les favorece al competir en mercados globalizados, respetando la orientación general de la agricultura modernizada, según los ejes estratégicos del Estado. De esta manera, se logra avanzar en la materialización de programas institucionales de desarrollo y estímulos constantes para despertar los procesos de mejoramiento que requieren las organizaciones y sus agricultores.

En el caso de la Asociación de Canalistas del Canal Almahue, esta reúne las características organizacionales para desarrollar este proyecto, cuyos elementos y obras

de solución se ajustan a la adecuada aplicación del PROM por parte de la CNR, con su nueva formulación modernizadora.

iii.- Del análisis de alternativas se concluye la conveniencia de revestir ambos bordes del canal matriz Almahue, además del fondo en toda la extensión no revestida desde el Km 0.0 hasta el Km 7,17, es decir desde la obra de admisión, hasta el Marco Retén Viejo donde se ubica la división principal de las aguas entre el Ramal Santa Amelia y en el Ramal El Salto.

El revestimiento propuesto para los bordes en las zonas no revestidas del canal matriz garantiza su estabilidad y la eliminación de los deslizamientos y los anegamientos locales de terrenos urbanos y agrícolas ubicados junto al canal Almahue. Por otro lado, la disminución de fallas en los canales derivados que se revisten en tramos aislados, por daños en los bordes amagados por la inestabilidad, genera beneficios agroeconómicos al reducirse las interrupciones del suministro de agua a los predios.

iv.- En general, los proyectos que implican incorporación tecnológica y exigen aplicar programas de transferencia para los sectores campesinos, permiten mejorar los estándares productivos actuales. La modernización de los proyectos de riego tienen asociado este mejoramiento agroproductivo y de tipo social.

Del análisis de los resultados de la encuesta agronómica se llegó a la conclusión que el uso actual de la tierra agrícola en el área del proyecto está adaptado a las bajas condiciones de capitalización de los usuarios y de los limitados niveles tecnológicos en práctica.

v.- La evaluación técnico económica integrada de este proyecto multipropósito fue posible, mediante la confección de funciones de producción y funciones de costos, que permitan su optimización técnico-económica, tal que se pueda relacionar las dimensiones de las obras principales, con los flujos anuales de costos y de beneficios que generan, según la disponibilidad de caudal que depende de la hidrología anual. Finalmente cada multiuso incorpora un margen económico positivo, que mejora los parámetros del proyecto en su conjunto.

vi.- De la información disponible y de la experiencia del consultor sobre el área de este proyecto, se puede concluir que el área del proyecto presenta un gran potencial agroclimático que tiene amplias posibilidades en todo tipo de cultivos, especialmente hortícolas y frutícola de exportación.

Por otra parte, se concluye del análisis del estudio sobre los suelos de Almahue, que este factor no es una limitante para el desarrollo de la agricultura del área, existiendo condiciones agroclimáticas muy favorables. El factor edáfico puede manejarse con tecnologías modernas.

Finalmente, es importante destacar, que si bien las características térmicas estivales e, invernales son razonablemente apropiadas, la mayoría de los cultivos y todos los frutales requieren del suministro necesario de agua de riego para satisfacer sus demandas y obtener el máximo potencial de producción.

vii.- En relación al estudio de análisis ambiental realizado, se concluye que pudiera ser conveniente plantear la nueva obra de descarga proyectada de 3,5 m³/s, desde canal matriz en su Km 5,05, al río Cachapoal, como un proyecto separado. De este modo no sería exigible que el proyecto mayor sea ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), y de ese modo no afectar los plazos.