

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DE RIEGO

PROYECTO CONVENTO VIEJO  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD  
Y DESARROLLO

Tomo I  
INFORME



TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.  
TEL AVIV - ISRAEL

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
SANTIAGO - CHILE

SANTIAGO, ENERO 1978



Santiago, Enero 16 de 1978

Señores  
Comisión Nacional de Riego  
P R E S E N T E

Muy señores nuestros:

Tenemos el agrado de someterle por la presente el informe del estudio de factibilidad acerca del desarrollo integral de la agricultura y el riego en el área del Proyecto Convento Viejo, el cual abarca una extensión de aproximadamente 167.000 hectáreas. El estudio ha sido preparado por un consorcio técnicamente integrado por ICA, Ingenieros Consultores Asociados, firma nacional dedicada a estudios de desarrollo, y Tahal Consulting Engineers, Ltd., de Tel Aviv, Israel.

El informe consta de cuatro volúmenes y un álbum:

- Los Tomos I y II contienen el cuerpo del informe que presenta los resultados, conclusiones y recomendaciones del estudio de factibilidad.
- Los Tomos III y IV están constituidos por anexos en los que se presentan diversos estudios básicos así como material adicional que complementa la información contenida en el informe.
- Finalmente el álbum incluye Mapas y Planos que por razón de su tamaño no fue posible incorporar a los cuatro volúmenes de texto.

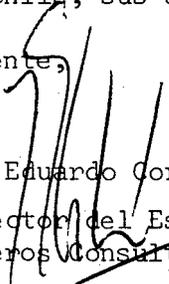
El análisis económico presentado como parte del informe demuestra que el proyecto de desarrollo de Convento Viejo es económicamente factible y puede aportar una contribución valiosa al progreso de la región y por tanto a la economía del país.

El informe ha sido preparado en conformidad con las normas y requisitos de las organizaciones internacionales de financiamiento, a fin de permitir al Gobierno entablar negociaciones conducentes a la obtención de un crédito para financiar la ejecución de este proyecto de tan considerable envergadura.

Para terminar quisiéramos expresar, a nombre del consorcio, nuestro reconocimiento por el interés constante que ha manifestado en todo momento la Comisión Nacional de Riego por el buen desarrollo del estudio, así como por la valiosa ayuda que ha prestado para su preparación.

Sólo nos queda por expresar nuestro voto sincero de que las perspectivas favorables de desarrollo y progreso que involucra el proyecto lleguen a materializarse plenamente y en un plazo no lejano, por el bien de la República de Chile, sus agricultores y el conjunto de sus habitantes.

Muy atentamente,

  
Juan Eduardo Correa L.  
Director del Estudio  
ICA, Ingenieros Consultores Asociados

  
Otto Wagler  
Director del Estudio  
Tahal Consulting Engineers Ltd.

## A G R A D E C I M I E N T O

Las firmas que han participado en la preparación del presente estudio - ICA Ingenieros Consultores Asociados y TAHAL Consulting Engineers Ltd.- desean dejar constancia de su agradecimiento por la ayuda prestada por organismos oficiales, instituciones, empresas privadas y personas diversas, demasiado numerosas para poder mencionar las todas aquí, pero cuya contribución ha sido de gran valor para llevar a buen término el estudio.

## N O T A C I O N

- PUS\$ : Siguiendo el procedimiento usual en Chile a raíz del proceso de inflación, los valores monetarios en pesos chilenos utilizados en el presente informe han sido expresados en dólares, aplicando para ello la tasa de conversión vigente en abril de 1977, que era de 19,04 pesos chilenos por 1 dólar de los EE.UU. Para los valores así expresados se ha adoptado la notación PUS\$ (pesos expresados en dólares), para diferenciarlos de los dólares reales.
- US\$ : Los valores referidos a moneda extranjera (divisa) propiamente dicha han sido expresados en dólares de EE.UU., utilizando la notación usual de US\$.
- \$ : Notación utilizada en este informe para el peso chileno.
- Punto : En el presente informe se utiliza para señalar miles, millones, etc.:  $10^6 = 1.000.000$
- Coma : Se utiliza para la notación de fracciones decimales:  $1/2 = 0,5$

## CONTENIDO GENERAL DEL INFORME

### T O M O I

#### PRIMERA PARTE: GENERALIDADES

CAPITULO A: SITUACION ACTUAL Y DATOS BASICOS

#### SEGUNDA PARTE: PLAN GLOBAL

CAPITULO B: DETERMINACION DE AREAS DE DESARROLLO

CAPITULO C: PLAN GLOBAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO

CAPITULO D: DISPONIBILIDAD DE AGUA

CAPITULO E: PLAN GLOBAL DE INGENIERIA

### T O M O I I

#### TERCERA PARTE: PLAN DE LA ETAPA I

CAPITULO F: SELECCION DEL AREA DE LA ETAPA I

CAPITULO G: PLAN DE DESARROLLO AGROPECUARIO ETAPA I

CAPITULO H: ADECUACION PREDIAL

CAPITULO J: PLAN DE INGENIERIA ETAPA I

CAPITULO K: ORGANIZACION

CAPITULO L: PROGRAMA DE IMPLEMENTACION

#### CUARTA PARTE: ANALISIS ECONOMICO Y FINANCIERO

CAPITULO M: EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

CAPITULO N: REQUERIMIENTOS DE PRESUPUESTO Y CREDITO

T O M O I I I

- ANEXO I : SUELOS
- ANEXO II : CLIMA
- ANEXO III : AGUAS DE SUPERFICIE
- ANEXO IV : AGUAS SUBTERRANEAS
- ANEXO V : REGIMEN DE PROPIEDAD

T O M O I V

- ANEXO VI : ASPECTOS SOCIOECONOMICOS
- ANEXO VII : DESARROLLO AGROPECUARIO ACTUAL
- ANEXO VIII: SISTEMAS ACTUALES DE RIEGO
- ANEXO IX : EL PROYECTO DE LA DIRECCION DE RIEGO
- ANEXO X : COMERCIALIZACION Y AGROINDUSTRIAS
- ANEXO XI : INFORMACION RELACIONADA CON EL PLAN AGRICOLA
- ANEXO XII : DEMANDAS HIDRICAS DE LOS CULTIVOS
- ANEXO XIII: INFORMACION RELACIONADA CON EL PLAN DE INGENIERIA
- ANEXO XIV : INFORMACION RELACIONADA CON LOS ASPECTOS DE ORGANIZACION
- ANEXO XV : INFORMACION RELACIONADA CON EL ANALISIS ECONOMICO

**Primera Parte**

# **GENERALIDADES**

**Primera Parte**

# **GENERALIDADES**

## Capítulo A

### SITUACION ACTUAL Y DATOS BASICOS

## I N D I C E

	Página
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 La agricultura de regadío en Chile	1
1.2 Orígenes del Proyecto Convento Viejo	2
1.3 El Proyecto de la Dirección de Riego	4
1.4 Antecedentes del estudio actual	5
2. CONDICIONES NATURALES DEL AREA	6
2.1 Localización y límite	6
2.2 Relieve	6
2.3 Clima	7
2.4 Suelos	8
2.5 Recursos hídricos	9
3. SITUACION ACTUAL	11
3.1 Marco humano	11
3.2 Régimen de propiedad	12
3.3 Sistemas actuales de riego	14
3.4 Desarrollo agropecuario actual	15
3.5 Vías de comunicación	17
3.6 Marco institucional	18

## C U A D R O S

A-1 Distribución de las tierras del área del Proyecto por clases de riego y por zonas	9
A-2 Población del área del Proyecto Convento Viejo	11
A-3 Distribución del área del Proyecto por tamaño de los predios	13
A-4 Distribución porcentual del número de propietarios por tamaño de los predios	13
A-5 Uso actual de la tierra discriminado por grandes rubros	16

## A. SITUACION ACTUAL Y DATOS BASICOS

### 1. ANTECEDENTES GENERALES

#### 1.1 La agricultura de regadío en Chile

El sector agrícola tiene una importancia considerable para la economía de Chile. En el último decenio (1966-1976) su aporte al producto nacional bruto ha sido del orden del 10%. Al mismo tiempo su contribución a los ingresos en divisas del país ha aumentado regularmente en los últimos tres años, durante los cuales la política económica del gobierno se ha orientado a la diversificación de las exportaciones, a fin de no depender en forma casi exclusiva de la exportación de cobre y otros productos tradicionales, como en el pasado. En 1975, las exportaciones de productos agropecuarios alcanzaron 74 millones de dólares; en 1976 subieron a 117 millones y en el primer semestre de 1977 llegaron a unos 90 millones, con un aumento de 35% respecto al mismo período del año anterior.

Chile está tratando al mismo tiempo de reducir sus importaciones de productos alimenticios, siempre y cuando la producción local pueda hacerse a un costo no superior a los precios de los mercados mundiales. En el decenio 1966-1976 las importaciones de alimentos se han mantenido a un nivel de alrededor de 20% del total, siendo esta cifra notoriamente mayor en los años 1971 a 1973.

Ahora bien, la producción agrícola de Chile, para alcanzar buenos rendimientos y precios que pueden competir con los del mercado mundial, requiere en la mayoría de los casos de la aplicación del riego. En efecto, en la mitad norte del país, hasta la latitud de Santiago aproximadamente, las precipitaciones pluviales son tan escasas que la producción de cultivos de secano es poco menos que imposible; en las regiones centrales, las precipitaciones son más abundantes pero se concentran en los cinco o seis meses del invierno, lo que limita considerablemente las posibilidades de producción de cultivos de secano; más al sur, las precipitaciones aumentan, pero el clima frío y las frecuentes heladas reducen la gama de cultivos practicables y los rendimientos que pueden obtenerse. De ahí que Chile se destaque entre todos los países de América Latina por la importancia preponderante que han adquirido las áreas de regadío, las cuales generan más del 50% de la producción agropecuaria total del país y una proporción aún mayor de la producción agrícola propiamente dicha.

El desarrollo del riego reviste, pues, una importancia especial para la agricultura de Chile. Conscientes de ello, los agricultores empezaron ya en tiempos lejanos a regar sus campos con el agua de los ríos de curso permanente próximos a sus tierras. Más tarde se construyeron, por iniciativa estatal, grandes obras, tales como presas destinadas a almacenar el agua de las crecidas invernales para aprovecharla en los períodos secos del verano, canales para conducir las aguas hacia las áreas de regadío, y otras obras, que quedaban fuera del alcance de los propietarios de los predios a ser regados.

En la actualidad a una extensión total de 5,5 millones de ha de tierras arables en Chile, 1,2 millones de hectáreas gozan de suministro de agua para riego con 85% de seguridad. Dentro de esta última área alrededor de 190.000 ha en promedio anual no están en realidad bajo cultivo, ya sea por falta de inversiones a nivel predial que permitan aprovechar el agua disponible, o por otras razones coyunturales de naturaleza institucional. Existen, además, 0,5 millones de ha que teniendo canales, sólo disponen de riego eventual.

Percatándose de lo mucho que queda aún por hacer en este campo, las autoridades gubernamentales han adoptado diversas medidas tendientes a mejorar, ampliar e impulsar la agricultura de regadío. Una de estas medidas consistió en la elaboración por ODEPA (1) de un programa para la puesta en riego, mediante obras a nivel predial, de más de 90.000 ha, así como el mejoramiento del regadío, a través de una dotación de agua más segura, en unas 240.000 ha, en un plazo de seis años; al mismo tiempo, se encuentran en estudio varios proyectos de obras de regulación para el riego de 650.000 ha adicionales.

Otra medida de gran importancia consistió en la creación de un organismo denominado Comisión Nacional de Riego, destinado a coordinar las necesidades y decisiones de los Ministerios de Agricultura, Obras Públicas y Economía y otras dependencias, a fin de llevar a feliz término los proyectos seleccionados.

En conformidad con la mencionada política del Gobierno chileno, de promover el desarrollo de la agricultura de regadío y con el propósito de conseguir los fondos necesarios a través de instituciones internacionales de financiamiento, la Comisión Nacional de Riego ha emprendido estudios integrales de proyectos de riego en diferentes zonas del país. El Proyecto Convento Viejo, por el elevado potencial de desarrollo que involucra, ha sido seleccionado para ser el primero de tales estudios.

## 1.2 Orígenes del Proyecto Convento Viejo

El área de lo que se conoce actualmente como Proyecto Convento Viejo abarca unas 170.000 ha de tierras fértiles de una zona próxima a Santiago, de las cuales alrededor de 90.000 ha se encuentran bajo canal y generan cerca del 10% del valor total de la producción agrícola del país. Las condiciones favorables del área son las que han llevado a considerar la posibilidad de efectuar obras de regadío para aprovechar al máximo su potencial.

La ejecución de obras de riego en esta área se inició ya a mediados del siglo XIX, por iniciativa privada de los propietarios de fundos del área. En ese período se construyeron varios canales, alimentados por el Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo, canales que siguen en uso hasta la fecha.

---

(1) Perspectivas de Desarrollo Agropecuario 1975-1980, Santiago 1975.

Con el tiempo, se fueron subdividiendo los fundos, generalmente en razón de herencias, lo cual tuvo por consecuencia una ramificación de los canales principales, creándose así gradualmente la red actualmente existente, que por las razones indicadas tiene una configuración compleja, con problemas tales como canales paralelo a corta distancia uno de otro, cruces de canales que no se justificarían en una planeación racional, etc.

Sin embargo, el área servida por el sistema de canales es notablemente mayor que la que pueda ser regada con los recursos de agua disponibles sin represamiento. Este problema, que se suscitó ya en el siglo pasado, llevó a los regantes a firmar en 1871 un primer acuerdo de repartición de aguas del Tinguiririca del que deriva, con pocas modificaciones el régimen actual de distribución del agua de ese río. Un proceso análogo se ha desarrollado en lo referente al Estero Chimbarongo.

Con el objeto de racionalizar el sistema, aumentar la seguridad del abastecimiento a 85% y ampliar el área regada, la Dirección de Riego del Ministerio de Obras Públicas trató de localizar un sitio apropiado para la construcción de una presa. En 1945 consideró la posibilidad de construir un embalse en el valle de Nilahue para el riego de unas 20.000 ha, pero este proyecto fue finalmente desestimado. Se trató asimismo de localizar un sitio para la construcción de una presa sobre el Tinguiririca, pero los esfuerzos desplegados en este sentido resultaron infructuosos.

En 1967 nació la idea de represar el Estero Chimbarongo en una angostura cerca del pueblo de Convento Viejo, alimentando el embalse que así se formaría con caudales adicionales provenientes del Tinguiririca o del Teno, por resultar insuficiente los recursos propios del Estero Chimbarongo. Inicialmente se consideró la posibilidad de aprovechar el embalse para mejorar también el riego en el valle del Teno, pero el costo excesivo de la conducción de agua a ese valle llevó a descartar tal idea.

Por otra parte, en 1960, la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA) empezó a estudiar medidas susceptibles de mejorar el factor de potencia de la central hidroeléctrica Rapel, para lo cual consideró entre otras, la posibilidad de derivar una parte del caudal del Teno al Estero Chimbarongo, cuyas aguas alimentan, junto con las de otros ríos, a dicha central. En vista de la coincidencia de intereses, la Dirección de Riego y ENDESA empezaron a colaborar a partir de 1968 en el desarrollo del Proyecto Convento Viejo. ENDESA tomó a su cargo el diseño y construcción del canal Teno-Chimbarongo con la supervisión de la Dirección de Riego.

En 1969 fue elaborada una primera versión del Proyecto Convento Viejo, que comprendía la construcción de la presa, con el canal alimentador Teno-Chimbarongo y el sistema de canales de distribución.

En 1970 la Dirección de Riego preparó una segunda versión más amplia del Proyecto, que incluía un programa de desarrollo agropecuario así como un programa de asistencia técnica, iniciando al mismo tiempo

contactos con organismos internacionales de financiamiento con miras a obtener créditos para la ejecución de las obras. Entre tanto, dada la gran importancia y urgencia que atribuían las autoridades a la rápida adopción de medidas tendientes a mejorar la situación económica de la Provincia de Colchagua, se emprendió la construcción de las obras con recursos locales únicamente, sin perjuicio de la obtención ulterior de créditos internacionales. Sin embargo, la insuficiencia de fondos obligó a reducir gradualmente los trabajos hasta que en 1976 tuvieron que suspenderse por completo. ENDESA, por su parte, completó la construcción del canal Teno-Chimbarongo.

### 1.3 El Proyecto de la Dirección de Riego <sup>(1)</sup>

Este Proyecto elaborado por la Dirección de Riego conjuntamente con ODEPA, tenía por objetivos principales el mejoramiento de la dotación de un área de 113.000 ha (brutas) ya regadas anteriormente (de las cuales unas 70.000 ha brutas eran aprovechadas para cultivos y el resto para pastos con riego eventual), y la puesta en riego de 47.000 ha brutas de tierras de secano.

Las obras principales contempladas para este efecto eran las siguientes:

- Embalse de Convento Viejo de una capacidad útil estimada de 500 millones de m<sup>3</sup>, en el Estero Chimbarongo;
- Obras de reubicación de una línea de ferrocarril, un oleoducto, líneas de alta tensión, etc, exigidas por la futura inundación del vaso del embalse;
- Un canal alimentador; destinado a derivar un caudal de 65 m<sup>3</sup>/seg del Río Teno hacia el embalse (40 m<sup>3</sup>/seg para riego);
- Un sistema de canales matrices en la ribera izquierda, para abastecer un caudal de 46 m<sup>3</sup>/seg a las áreas de nuevo riego de Nilahue y Alcones;
- Canal Convento Viejo-Tinguiririca, en la ribera derecha, de 11,7 m<sup>3</sup>/seg de capacidad, destinado a mejorar el abastecimiento a un área deficitaria servida por el Río Tinguiririca;
- Un canal de 2 m<sup>3</sup>/seg desde la parte alta del Río Tinguiririca hacia el Norte, para el riego de esa área.

El costo total de las obras hidráulicas, inclusive variante de ferrocarril y demás variantes contempladas en el Proyecto, fue estimado por la Dirección de Riego en 52 millones de dólares (a precios de diciembre de 1969).

Al interrumpirse las obras en 1976 estaban ya construidos y en funcionamiento el canal alimentador Teno-Chimbarongo, así como una ataguía de desviación del Estero Chimbarongo y los túneles de toma en ambas laderas de la futura presa. Además se había iniciado la construcción

---

(1) Para más detalle, véase Anexo X.



de la variante de ferrocarril y del canal Convento Viejo-Tinguiririca.

El programa de desarrollo agrícola incluido en el Proyecto de la Dirección de Riego contemplaba un incremento de 4.500 ha en el área plantada con frutales y viñas; asimismo se proyectaba un aumento de 15.200 hectáreas en el área de cultivos anuales y la implantación de 50.000 ha de nuevas praderas artificiales, con la consiguiente reducción de las praderas naturales de secano. El riego se planeó suponiendo una seguridad de suministro de 85% y una eficiencia del riego a nivel predial de 50%.

El costo de las inversiones requeridas para el programa agrícola fue estimado por la Dirección de Riego en unos 65 millones de dólares (a precios de fines de 1969), de los cuales 48 millones se asignaron a desarrollo agrícola propiamente dicho, 13 millones a obras de puesta en riego y mejoramiento del riego y 4 millones a asistencia técnica.

#### 1.4 Antecedentes del estudio actual

Con fecha de 17 de noviembre de 1975 se entregaron las bases de licitación para la elaboración de un estudio de factibilidad del Proyecto Convento Viejo, estudio que debía poder someterse a instituciones crediticias internacionales para respaldar una solicitud de créditos para la continuación del Proyecto. El 14 de junio de 1976, la Comisión Nacional de Riego anunció al consorcio ICA-TAHAL que le había sido adjudicado el trabajo de preparación del referido estudio y a fines del año 1976 se procedió a suscribir el contrato entre las partes. El estudio tiene por objeto, a tenor de dicho contrato, "formular un proyecto integral de riego, realizando los estudios necesarios para definir la viabilidad técnica y económica de la terminación de las obras civiles ya iniciadas, de la construcción y mejoramiento del sistema de riego y drenaje y del desarrollo agropecuario de una superficie de aproximadamente 160.000 ha!"

## 2. CONDICIONES NATURALES DEL AREA DEL PROYECTO

### 2.1 Localización y límite

El área del Proyecto Convento Viejo se ubica en el sector central de Chile, a unos 140 km aproximadamente al sur de Santiago, entre las coordenadas 34°15' y 35°00' de latitud y 70°45' y 71°50' de longitud oeste. Su extensión es de unos 1.700 km<sup>2</sup>.

El Proyecto queda incluido dentro de la Provincia de Colchagua (VI Región), ocupando el área de los valles del interior y de la costa que son dominables por los recursos disponibles de agua superficial. De esta definición general resultan los siguientes límites aproximados: por el norte y el sur, los límites de las provincias de Cachapoal (antes O'Higgins) y Curicó respectivamente; por el este, el pie de la Cordillera de Los Andes y por el oeste, la de La Costa. Dentro de este perímetro se han fijado los límites exactos del Proyecto (Figura A-1) de acuerdo a criterios topográficos y edafológicos.

Desde el punto de vista administrativo, el área del Proyecto abarca las comunas de Chépica, Chimbarongo, Lolol, Marchigüe, Nancagua, Palmilla, Peralillo, Placilla, Pumanque, San Fernando y Santa Cruz. Las principales poblaciones del área son: San Fernando, capital de la provincia, con unos 34.000 habitantes, Santa Cruz con unos 10.000 y Chimbarongo con 7.000<sup>(1)</sup>. Todas las demás localidades tienen menos de 4.000 habitantes.

En el área del Proyecto cabe distinguir tres sectores principales:

- a) Una franja alargada de orientación este-oeste, que forma parte del llamado Valle Central de Chile y que se extiende por ambos márgenes del Río Tinguiririca y del Estero Chimbarongo; esta área dispone actualmente de riego permanente o eventual.
- b) Un conjunto de valles de esteros, que se abren entre los ramales y estribaciones de la Cordillera de La Costa y que son todos tributarios del Estero Nilahue, el mayor de ellos. Esta área, designada como Zona de Nilahue, no es regada actualmente.
- c) Un área al oeste de la mencionada en (a), tampoco regada actualmente, a la que se designa como Zona de Alcones, según el nombre de su población principal.

### 2.2 Relieve

El área del Proyecto está constituida por un conjunto de valles interiores comprendidos entre la Cordillera Andina y la Cordillera de La Costa. El mayor de estos valles es el del Tinguiririca, cuyo extremo oriental se encuentra a elevaciones de unos 500 m.s.n.m., mientras que su punto más bajo, en el límite noroeste del Proyecto, se halla a unos 100 m.s.n.m. Dentro de este valle el río corre generalmente a una ele-

(1) Según datos de junio de 1977.

vación mayor que la del Estero Chimbarongo y demás esteros más o menos paralelos al río que drenan el área.

En el ángulo noroeste del Proyecto se localiza el llano de Alcones, separado del valle del Tinguiririca por dos espigones montañosos que arrancan de la Cordillera de La Costa. Este llano se halla a elevaciones de alrededor de 150 m.s.n.m.

El valle de Nilahue y los valles menores que se ramifican en él ocupan la parte suroeste del área del Proyecto entre dos ramales de la Cordillera de La Costa, a elevaciones comprendidas entre 120 y 80 m.s.n.m.

### 2.3 Clima

El clima del área del Proyecto es de tipo templado cálido con lluvias invernales y con una estación seca de 6 a 7 meses (Csb<sub>1</sub> según la clasificación de Koeppen). Dentro de estas características generales, válidas para toda la zona, se observan diferencias locales apreciables, en función de la altitud, el relieve y la proximidad al mar (1).

Las precipitaciones medias anuales en la zona varían entre 550 y 800 mm, con una tendencia decreciente hacia el Norte. Las lluvias en toda la zona se concentran en los cuatro meses de mayo a agosto, en los cuales cae aproximadamente un 75% de la precipitación pluvial anual. En cada uno de los meses de transición, es decir en abril y septiembre, se recoge el 5% del total anual de lluvias. Los restantes meses son secos, anotándose unos pocos milímetros de lluvia en cada uno de ellos.

Los totales anuales de precipitación en el área del Proyecto muestran una variabilidad moderada. En un 68% de los años de observación, las variaciones fueron menores que un tercio del valor promedio. La variabilidad de las cifras mensuales es mucho mayor, en especial en los meses de transición y meses secos.

Las temperaturas medias anuales son de unos 18°C en el valle longitudinal y de unos 14,5°C en los valles costeros (Zona de Nilahue). Las mínimas medias del mes de julio descienden hasta unos 2 ó 3°C en el interior y unos 5 ó 6°C en los valles costeros. Las máximas medias de enero alcanzan alrededor de 29°C, tanto en el interior como en los valles costeros.

Los días de heladas (temperatura de 0°C o menos) son mucho más frecuentes en el interior, donde se registran unos 30 por año, que en los valles costeros, donde no pasan de unos 3 a 5 en promedio interanual.

La humedad relativa presenta un máximo en junio-julio, con 90% de promedio interanual en el valle interior y 80% en los valles costeros; los valores mínimos se presentan en diciembre y enero con un 60% aproximadamente en ambas zonas. Los días con niebla oscilan entre 30 y 60 en promedio anual; las variaciones dependen también en este caso de

(1) Véase para más detalle el Anexo II.

factores locales.

Las cifras de evaporación son mayores en los valles costeros, con valores de 1.500 a 1.800 mm <sup>(1)</sup> de total anual y menores en el valle longitudinal, donde se mantienen por debajo de los 1.300 mm/año. Las cifras mensuales alcanzan su máximo en diciembre-enero (200 mm/mes o más), reduciéndose al mínimo en junio y julio (30-40 mm/mes).

## 2.4 Suelos

En el marco del presente estudio se ha elaborado una clasificación de tierras para riego de acuerdo a los criterios y métodos del Bureau of Reclamation de los EE.UU., utilizando como base el "Estudio Agrológico de la Provincia de Colchagua" preparado por el Ministerio de Agricultura en 1974. Se han utilizado asimismo datos extraídos del "Informe de Suelos Convento Viejo" que fue elaborado por la Dirección de Riego en 1970. Esta información ha sido complementada por medio de trabajos y comprobaciones de campo, realizados específicamente para el presente estudio, con el objeto de obtener diversos datos adicionales requeridos para elaborar la antedicha clasificación.

En el Anexo I se presenta en detalle la clasificación de tierras para riego así ponderada. Los mapas correspondientes aparecen en el Album que acompaña al presente informe.

Los resultados obtenidos indican que de un total de aproximadamente 180.000 ha (brutas) incluidas en el área estudiada <sup>(2)</sup>, menos del 1% no son arables (Clase 6 del U.S.B.R.); como un 12% son arables con limitaciones severas (Clase 4) y el resto son arables, con diferentes grados de limitaciones leves o moderadas (Clase 1 a 3). Los suelos pumicíticos, que constituyen mayor parte de los suelos de la Clase 4, han sido excluidos en su mayoría del plan de desarrollo, de tal forma que la casi totalidad del área incluida en la delimitación final del Proyecto corresponde a suelos de Clase 1 a 3.

En el Cuadro A-1 se resume la distribución de las tierras del área por zonas y por clases de riego.

---

(1) Cifras determinadas con evaporímetro Clase A del USWB sin aplicar corrección alguna.

(2) Esta área es mayor que la incluida en los límites definitivos del Proyecto. (véase Capítulo B).

Cuadro A-1 : Distribución de las tierras del área del Proyecto por clases de riego (\*) y por zonas (en ha)

	Total	Zonas I, II y III	Nilahue	Alcones
Clases 1-2-3	155.450	98.450	30.000	27.000
Clase 4	22.450	11.450	1.300	9.700
Clase 6	1.500	-	-	1.500
Total	179.400	109.900	31.300	38.200

Nota: cifras redondeadas  
(\*) según la clasificación del U.S.B.R.

## 2.5 Recursos hídricos

El área del Proyecto pertenece en su mayor parte a la hoya hidrográfica del Río Rapel, salvo la Zona de Nilahue que constituye una cuenca independiente. Los principales cursos de agua de la hoya del Rapel dentro del área del Proyecto son el Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo. El primero es alimentado por el deshielo de verano y por temporales de invierno; el segundo es alimentado sólo por las lluvias. El Estero Chimbarongo confluye dentro del Proyecto con el Río Tinguiririca. Este a su vez se une con el Río Cachapoal, ya fuera del área del Proyecto, para formar el Río Rapel, que alimenta aguas abajo la central hidroeléctrica del mismo nombre.

El Tinguiririca dentro del Proyecto corre con lentitud, describiendo numerosos meandros y dividiéndose repetidamente en varios brazos. En el extremo oriental del área, el Río Tinguiririca recibe el aporte de un afluente de curso permanente, el Río Claro. Además, por el valle del Tinguiririca corren longitudinalmente varios esteros menores, que desaguan en último término en ese río o en el Estero Chimbarongo; el más importante es el Estero Las Toscas.

La zona de Nilahue es cruzada de Sur a Norte por el Estero Nilahue, su dren principal, el cual - ya fuera del área del Proyecto - tuerce al poniente para desembocar en el océano. A lo largo de su curso, ese estero recibe el aporte de varios esteros, que drenan sendos valles de la zona. Las principales fuentes de agua para el regadío del área del Proyecto son en la actualidad el Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo. Sin embargo, según lo han demostrado las diferentes investigaciones hidrológicas efectuadas en los últimos años y en particular la realizada para el presente estudio<sup>(1)</sup>, los recursos hídricos de estos cursos de agua, aún con la regulación que ofrecerá la presa proyectada de Convento Viejo, no bastarían para el riego de toda el área del Proyecto, con una seguridad suficiente de 85%. Por esta razón se tomó en cuenta, ya en las etapas iniciales de los estudios efectuados por la Dirección

(1) Véase Anexo III.

de Riego, un aporte complementario de agua de una cuenca vecina, la del Teno, situada más al sur y que a diferencia de las cuencas del Tinguiririca y el Chimbarongo, no pertenece a la hoya hidrográfica del Rapel. De hecho, el canal de trasvase Teno-Chimbarongo ya ha sido construido, para responder a esta necesidad y al mismo tiempo incrementar los aportes a la central hidroeléctrica de la ENDESA en Rapel.

Los caudales totales de los ríos y esteros que aportan agua para el regadío del Proyecto se detallan a continuación; debe subrayarse sin embargo, que estas cifras son promedios de escurrimiento anual, sin que ello signifique que la totalidad de estos recursos esté disponible para el Proyecto.

- Tinguiririca, a su ingreso al área del Proyecto	1.968 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
- Chimbarongo en Convento Viejo (régimen natural)	277 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
- Teno (parte correspondiente al Proyecto)	595 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
- Escorrentía originada en el área del Proyecto	152 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año

Por otra parte, el estudio hidrogeológico efectuado en el marco del presente estudio de factibilidad<sup>(1)</sup> llevó a la conclusión de que los caudales que atraviesan las principales cuencas subterráneas identificadas en el área son reducidos, del orden de unas pocas decenas de millones de m<sup>3</sup> por año. Por esta razón no se ha considerado en el marco del Proyecto Convento Viejo el aprovechamiento de aguas subterráneas para fines de riego, sino únicamente como fuente de abastecimiento de agua potable.

---

(1) Véase Anexo IV.

### 3. SITUACION ACTUAL

#### 3.1 Marco humano

El área del Proyecto Convento Viejo tiene una población total de unas 160.000 habitantes aproximadamente. El Cuadro A-2 consigna información básica sobre la población en esta área (1):

Cuadro A-2: Población del área del Proyecto Convento Viejo

	Población	Densidad hab/Km <sup>2</sup>	Población rural	Población activa	Activos en agricultura
Area de riego actual	145.700	32,3	83.300	41.200	20.500
Area nuevo riego	15.700	10,8	13.300	4.400	3.200
- Nilahue	(11.200)	(10,5)	(9.900)	(3.000)	(2.300)
- Alcones	(4.500)	(11,6)	(3.400)	(1.400)	(900)
Total	161.400	24,4	96.600	45.600	23.700

Nota: Cifras redondeadas. Todas las cifras se refieren al área y población total de las comunas a las cuales pertenece el área del Proyecto.

En el cuadro se aprecia que la proporción de población rural es muy elevada, en especial en las áreas de Alcones y Nilahue, donde alcanza valores de 76% y 88% respectivamente. En el área del Proyecto existen algunas industrias y un comercio más activo en los centros urbanos, situados en el área de riego actual, los cuales se han desarrollado a proximidad de las vías de comunicación principales: la Carretera Panamericana y la vía férrea.

Merece señalarse también la baja tasa de crecimiento de la población en la Provincia de Colchagua que es de 1,4% anual (1952 a 1970) frente a 1,8% para el resto del país, lo cual es reflejo de una fuerte corriente de emigración desde la provincia a otros centros. Las tasas de crecimiento demográfico en el área de nuevo riego son aún más bajas y fluctúan para el período 1952 a 1970 entre 0,1% (Pumanque) 0,2% (Marchigue) y 0,5% (Lolol).

En lo referente a desocupación, las estadísticas confeccionadas por el Instituto Nacional de Estadística en 1977 indican para el conjunto de la provincia de Colchagua una fuerza de trabajo de 50.000 aproximadamente, de los cuales 6.250 personas se consideran desocupadas. La mayor tasa de desocupación se registra en el sector de la construcción, en el que alcanza casi el 50%.

(1) Véase también Anexo VI

La Provincia de Colchagua - y con ella el área del Proyecto - se ve afectada por una elevada incidencia de pobreza, definida ésta en términos de limitaciones serias en vivienda y equipamiento. Según el Atlas de Extrema Pobreza, 1975 confeccionado por ODEPLAN y la Universidad Católica de Chile la proporción de pobres en Colchagua es de casi 25% de la población total.

En el ámbito de la educación se destaca la tasa de analfabetismo de la Provincia de Colchagua, que es de 15,2%, la más elevada del país junto con la de Maule. Este problema se ve agravado por la falta de profesores en posesión de título o grado habilitante para ejercer la docencia y las limitaciones en locales escolares.

En materia de salud existe respecto del resto del país un déficit notable de médicos (1,6 médicos por 10.000 habitantes en la provincia, en comparación con 4,5 a nivel del país) y un déficit de camas hospitalarias (23 camas por 10.000 habitantes en la provincia, en comparación con 34,1 a nivel del país). Por otro lado, una parte considerable de las edificaciones para hospitales son antiguas y en mal estado de conservación y se dan casos de Postas Médicas que carecen no sólo de equipamiento adecuado sino también de agua potable. (Santa Cruz).

### 3.2 Régimen de propiedad

Dentro del área del Proyecto cabe distinguir varios tipos de predios, desde el punto de vista de su régimen de propiedad:

- a) Predios privados (no reformados), que ocupan un área total de 115.000 hectáreas, subdivididas en unos 3.000 predios.
- b) Predios constituidos a raíz del proceso de reforma agraria (predios reformados). Abarcan un total de casi 64.000 ha, repartidas entre más de 3.500 predios. Dentro de este grupo existen dos modalidades distintas.
  - Predios asignados individualmente, que se conocen con el nombre de Unidades Agrícolas Familiares (U.A.F), y que se encuentran únicamente en las áreas actualmente bajo riego.
  - Explotaciones colectivas, en las que la tierra ha sido expropiada y ha pasado a manos del Estado, sin haberse efectuado aún la asignación individual a los agricultores. Se conocen como Sociedades Agrícolas de Reforma Agraria y se localizan casi exclusivamente en las áreas de secano.
- c) Predios menores de 2.0 ha cuya finalidad principal es la vivienda y no la explotación agrícola o pecuaria. Conocidos como predios rur-urbanos, pertenecen a unos 3.700 propietarios, pero ocupan en total sólo unas 3.000 ha.

En los Cuadros A-3 y A-4 se presenta la distribución del área del Proyecto por estrato de tamaño y por zonas (excluyendo los predios rur-urbanos) y la distribución porcentual del número de propietarios según los mismos criterios.

Cuadro A-3: Distribución del área del Proyecto por tamaño de los predios (excluyendo predios menores de 2,0 ha)

Estrato (ha físicas)	Zonas I, II, III		Nilahue		Alcones		Total	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
2,1 - 5	2.100	2	200	< 1	300	< 1	2.600	< 2
5,1 - 25	13.300	13	1.700	6	3.600	8	18.600	10
25,1 - 50	10.500	10	1.600	5	1.800	4	14.000	8
50,1 - 100	14.200	13	3.400	11	2.500	6	20.200	11
Más de 100	20.500	20	16.700	56	22.500	51	59.700	33
Reformados	44.400	42	6.400	21	13.300	30	63.800	36
Total	105.000	100	30.000	100	43.700	100	178.900	100

Nota: Cifras redondeadas. Las pequeñas discrepancias en los totales se deben al redondeo. El área total es ligeramente superior a la incluida en el Proyecto, ya que el estudio del régimen de propiedad se hizo con base en el área incluida en el estudio de suelos.

Cuadro A-4: Distribución porcentual del número de propietarios por tamaño de los predios (excluyendo predios menores de 2,0 ha)

Estrato (ha físicas)	Zonas I, II, III	Nilahue	Alcones	Conjunto del proyecto
2,1 - 5	12	13	12	12
5,1 - 25	17	28	33	20
25,1 - 50	6	10	6	6
50,1 - 100	4	7	4	4
Más de 100	2	13	8	4
Reformados (5,1 - 25)	59	29	37	54
Total	100	100	100	100
Nº total de propietarios	5.229	500	805	6.534

### 3.3 Sistemas actuales de riego

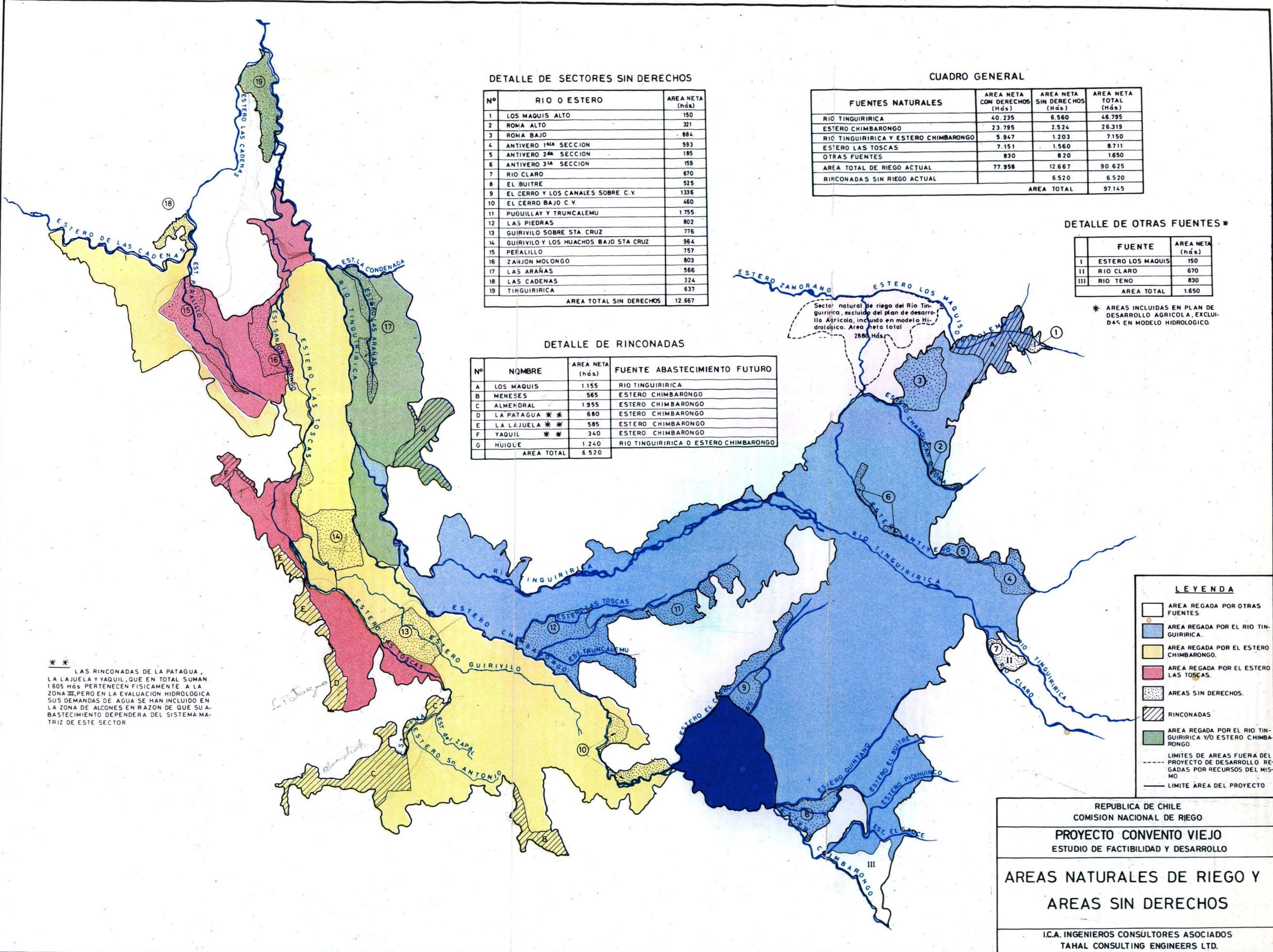
En el área actualmente bajo canal, que abarca unas 90.000 ha, existe una amplia red de canales de conducción y distribución, construida gradualmente en el transcurso de más de un siglo. Esta red se ha desarrollado en forma espontánea, por iniciativa de los propietarios de los fundos ribereños de los ríos y esteros, pero sin planificación racional ni visión de conjunto. El problema se ha ido complicando con el tiempo, a raíz de la división gradual de los fundos, en general por razones de herencia. El proceso de reforma agraria ha complicado aún más la situación, al fragmentar los fundos sin prestar siempre la debida atención a la construcción de las obras de distribución necesarias.

Por otra parte, los recursos de agua disponibles actualmente no bastan según se ha dicho (sección 2.5 de este capítulo) para el riego de toda el área bajo canal y aún en las partes del área mejor abastecidas se producen ocasionalmente deficiencias de aguas por efectos de sequías. Los antiguos propietarios de los fundos, que se habían percatado de este problema hace largo tiempo, establecieron un sistema de repartición de los derechos de agua, basado en las llamadas "acciones" o partes alícuotas del caudal, que está en vigencia hace más de un siglo con relativamente pocas modificaciones (Anexo VIII). Esta repartición, que más tarde fue sancionada oficialmente, no concuerda hoy con las necesidades reales de las diferentes áreas y predios. El desajuste se ha agravado aún más por efecto de los procesos sucesivos de división de la propiedad, primero por herencias y luego por la reforma agraria.

Un problema adicional radica en las técnicas de riego aplicadas en la zona. Predomina el uso del llamado "riego por tendido" una forma de riego por inundación no controlada, que se aplica en terrenos insuficientemente nivelados, lo que conduce a una baja eficiencia del riego a nivel predial y a pérdidas de recursos de agua, que ya de por sí son escasos. Por otra parte, el riego nocturno es poco frecuente en la zona y en los casos en que se recurre a él, las pérdidas de agua son muy elevadas y la eficiencia muy baja. Algunos agricultores acumulan el agua que llega a sus predios durante la noche en pequeños embalses o tranques, de donde la sacan en las horas del día para regar sus tierras, pero este sistema está poco difundido.

Las principales deficiencias del sistema actual de abastecimiento de agua y de los sistemas de riego pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Existen áreas extensas con problemas de abastecimiento causados por la deficiente repartición que se hace en la actualidad de los recursos hídricos disponibles. Además existen amplias áreas para las cuales no existen recursos hídricos con una seguridad suficiente.
- Los derechos de agua actualmente vigentes en el proyecto no guardan relación directa con la extensión de las áreas a que corresponden, ni toman en cuenta en modo alguno las aptitudes de los suelos y tasas de riego de los cultivos programados.



DETALLE DE SECTORES SIN DERECHOS

Nº	RIO O ESTERO	AREA NETA (hás)
1	LOS MAQUIS ALTO	150
2	ROMA ALTO	321
3	ROMA BAJO	884
4	ANTIVERO 1ª SECCION	593
5	ANTIVERO 2ª SECCION	185
6	ANTIVERO 3ª SECCION	159
7	RIO CLARO	670
8	EL BUITRE	525
9	EL CERRO Y LOS CANALES SOBRE C.V.	1336
10	EL CERRO BAJO C.V.	460
11	PUGUILLAY Y TRUNCALEMU	1.755
12	LAS PIEDRAS	802
13	GUIRIVILO SOBRE STA CRUZ	776
14	GUIRIVILO Y LOS HUACHOS BAJO STA CRUZ	964
15	PEÑALILLO	757
16	ZANJON MOLONGO	803
17	LAS ARANAS	566
18	LAS CADENAS	324
19	TINGUIRIRICA	637
AREA TOTAL SIN DERECHOS		12.667

CUADRO GENERAL

FUENTES NATURALES	AREA NETA CON DERECHOS (Hás)	AREA NETA SIN DERECHOS (Hás)	AREA NETA TOTAL (Hás)
RIO TINGUIRIRICA	40.235	6.560	46.795
ESTERO CHIMBARONGO	23.795	2.524	26.319
RIO TINGUIRIRICA Y ESTERO CHIMBARONGO	5.947	1.203	7.150
ESTERO LAS TOSCAS	7.151	1.560	8.711
OTRAS FUENTES	830	820	1.650
AREA TOTAL DE RIEGO ACTUAL	77.958	12.667	90.625
RINCONADAS SIN RIEGO ACTUAL		6.520	6.520
AREA TOTAL			97.145

DETALLE DE OTRAS FUENTES \*

FUENTE	AREA NETA (hás)
I ESTERO LOS MAQUIS	150
II RIO CLARO	670
III RIO TENO	830
AREA TOTAL	1.650

\* AREAS INCLUIDAS EN PLAN DE DESARROLLO AGRICOLA, EXCLUIDAS EN MODELO HIDROLOGICO.

DETALLE DE RINCONADAS

Nº	NOMBRE	AREA NETA (hás)	FUENTE ABASTECIMIENTO FUTURO
A	LOS MAQUIS	1.155	RIO TINGUIRIRICA
B	MENESES	565	ESTERO CHIMBARONGO
C	ALMENDRAL	1.955	ESTERO CHIMBARONGO
D	LA PATAGUA *	680	ESTERO CHIMBARONGO
E	LA LAJUELA *	585	ESTERO CHIMBARONGO
F	YAQUIL *	340	ESTERO CHIMBARONGO
G	HUIQUE	1.240	RIO TINGUIRIRICA O ESTERO CHIMBARONGO
AREA TOTAL		6.520	

\* LAS RINCONADAS DE LA PATAGUA, LA LAJUELA Y YAQUIL, QUE EN TOTAL SUMAN 1.605 Hás PERTENECEN FISICAMENTE A LA ZONA III, PERO EN LA EVALUACION HIDROLOGICA SUS DEMANDAS DE AGUA SE HAN INCLUIDO EN LA ZONA DE ALCONES EN RAZON DE QUE SU ABASTECIMIENTO DEPENDERA DEL SISTEMA MAZIZ DE ESTE SECTOR

**LEYENDA**

- AREA REGADA POR OTRAS FUENTES
- AREA REGADA POR EL RIO TINGUIRIRICA.
- AREA REGADA POR EL ESTERO CHIMBARONGO.
- AREA REGADA POR EL ESTERO LAS TOSCAS.
- AREAS SIN DERECHOS.
- ▨ RINCONADAS
- AREA REGADA POR EL RIO TINGUIRIRICA V/O ESTERO CHIMBARONGO
- LIMITES DE AREAS FUERA DEL PROYECTO DE DESARROLLO REGADAS POR RECURSOS DEL MISMO
- LIMITE AREA DEL PROYECTO

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DE RIEGO

**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

**AREAS NATURALES DE RIEGO Y AREAS SIN DERECHOS**

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

- Faltan estructuras adecuadas en los canales que permitan un control efectivo de los caudales de riego. Los marcos partidones existentes son estructuras de partición rígidas, que dividen los caudales en proporciones siempre constantes e inadecuadas para lograr el grado de control requerido para la racionalización del sistema.
- Faltan tranques para almacenar el agua que fluye en los canales por las noches, sin ser aprovechada para riego.
- En el sistema de distribución actual faltan canales secundarios y terciarios, especialmente en predios que se han subdividido en curso de herencia o en las áreas de reforma agraria.
- El área produce derrames considerables de flujo de retorno del riego. Estos caudales constituyen una fuente importante para extensas áreas, tanto con derechos como sin ellos, pero al faltar la posibilidad de controlar estos caudales, no puede hacerse un uso racional de ellos.
- La eficiencia de riego a nivel predial es baja por falta de preparación de tierra y falta de conocimiento de técnicas adecuadas de aplicación de agua para riego por los regantes. En consecuencia se producen pérdidas considerables de recursos hídricos en el Proyecto.

### 3.4 Desarrollo agropecuario actual

Al considerar las actividades agropecuarias existentes en el área del Proyecto conviene diferenciar entre las tierras actualmente bajo canal y las de secano, ya que sus características son obviamente muy diferentes.

Según se ha visto en las secciones anteriores de este capítulo, el área bajo canal dispone de amplias extensiones de tierra de buena calidad; las condiciones climáticas son favorables y existen recursos de agua que pueden bastar para regar al menos una parte del área. Las cifras detalladas más abajo demuestran que esta combinación ventajosa ha sido aprovechada cabalmente por los agricultores, para alcanzar resultados que hacen del área de regadío del Proyecto uno de los centros agrícolas más importantes del país. Ello ha sido logrado merced a un notable proceso de adaptación a las posibilidades y limitaciones del área.

En las áreas de riego los agricultores han desarrollado preferentemente los cultivos anuales cuyo ciclo vegetativo se inicia en primavera y concluye antes del invierno para aprovechar las condiciones favorables de clima de este período y evitar el problema de las heladas invernales. Asimismo está desarrollado el cultivo de frutales de hoja caduca, que son menos sensibles a las heladas. Por otra parte, el peligro de escasez de agua ha inducido a los agricultores a introducir en gran número de predios cultivos "amortiguadores" tales como pasto y trigo que son regados sólo después de cubiertas las necesidades de agua de los cultivos principales. Estos cultivos "amortiguadores" tienen un bajo costo de inversión de modo que si sufren por falta de agua, la pérdida sea mínima. El pasto se aprovecha para la cría de bovinos y el trigo como cultivo comercial.

Las zonas de secano, en cambio, han permanecido estancadas, limitándose su producción fundamentalmente a la ovejería extensiva basada en pastos naturales, la cual es completada en pequeña medida por cultivos anuales de secano, en especial cereales. Existen también pequeñas áreas de viñas y frutales, estos últimos en su mayor parte en huertos de carácter casero.

El Cuadro A-5 muestra a grandes rasgos el uso actual de la tierra en el área del Proyecto(1), discriminando entre las áreas de riego actual (Zona I, II y III) y las de secano (Nilahue y Alcones).

Cuadro A-5: Uso actual de la tierra discriminado por grandes rubros  
(ha netas)

Rubro	Zonas de riego	Zonas de secano	Total
Frutales	3.605	220	3.825
Viñas	4.995	740	5.735
Cultivos anuales	46.215	9.735	55.950
Pastos y vegetación natural	38.245	41.635	79.880
Total	93.060	52.330	145.390

En las áreas de regadío existen, según se observa en el cuadro, 8.600 ha de frutales y viñas y más de 46.000 ha de cultivos anuales. Entre los frutales ocupa un lugar destacado el manzano, con más de 1.700 ha, gran parte de las cuales han sido plantadas en años recientes con variedades destinadas a la exportación. Es de señalar que el área de manzanos del Proyecto constituye más del 15% del área plantada con este frutal en el conjunto del país.

Los cultivos anuales más importantes son trigo, maíz, frejol y arroz, que en conjunto ocupan más de 37.000 ha en las áreas de riego. Los rendimientos alcanzados por algunos de estos cultivos, en especial maíz y frejol se cuentan entre los más elevados del país. Las hortalizas, en cambio, sólo ocupan áreas pequeñas y dispersas, aunque últimamente se ha desarrollado la producción de tomate para industrializar.

Las grandes extensiones de pastos que existen en las áreas de riego se destinan según se ha dicho a la cría de ganado bovino. Según cifras recientes, existen en el área del Proyecto más de 64.000 cabezas de ganado bovino, de las cuales aproximadamente 60% corresponden a ganado lechero y el resto a ganado de corte. La casi totalidad de los bovinos se encuentran en las áreas de riego. La población ovina de las zonas de secano se estima en unas 55.000 cabezas.

(1) Véase también Anexo VII

Pese a los logros notables de la agricultura en las áreas de regadío debe señalarse que en la actualidad su potencial de producción no es aprovechado plenamente. La razón principal de ellos, aparte de otros factores ya mencionados, como la insuficiencia o la inseguridad del suministro de agua, estriba en el bajo nivel de tecnificación. De hecho éste es posiblemente el principal factor limitante de la agricultura en dichas zonas, ya que aún en los predios que no sufren de limitaciones de agua, los niveles de producción alcanzados, aunque buenos quizás a nivel nacional, son muy inferiores a los que una tecnología moderna de cultivo y riego cabalmente aplicada permitiría alcanzar.

### 3.5 Vías de comunicación

El área del Proyecto Convento Viejo se encuentra a corta distancia de los principales centros de consumo del país. Santiago, la capital, dista sólo 140 Km de San Fernando, la principal población del área en estudio; Valparaíso, la segunda ciudad y principal puerto de Chile, queda a 280 Km. La ciudad de Concepción y el vecino puerto de Talcahuano distan 375 Km de San Fernando. Todas estas ciudades gozan de excelente conexión por carretera y por ferrocarril con el área del Proyecto. La vía férrea de Santiago a Talca y al sur del país cruza el área y tiene una estación en San Fernando; de allí arranca un ramal a Pichilemu que atraviesa la zona del Proyecto. El área es cruzada también por la Carretera Panamericana Sur que corre de Norte a Sur, paralelamente al ferrocarril, y pasa por las poblaciones de San Fernando y Chimbarongo. Además de esta carretera existen en el área una sola vía pavimentada: la carretera de San Fernando a Santa Cruz y Peralillo, que corre de Oeste a Este, describiendo un arco, paralelamente al margen izquierdo del Río Tinguiririca.

Existen asimismo varios caminos con agregado pétreo, que constituyen las vías de penetración a las diferentes zonas del Proyecto. Los principales caminos de este tipo son los siguientes:

- Chimbarongo - Chépica - Santa Cruz
- Peralillo - Población - Marchigue - Alcones - Pichilemu
- Marchigue - San Miguel de los Llanos
- Marchigue - San José de Marchigue
- Palmilla al Huique

El principal camino de acceso a la parte del valle de Nilahue es el que arrancando de Lolol llega hasta Los Coipos. Este camino es de tierra, sin pavimento ni agregado pétreo.

En resumen, cabe afirmar que el área del Proyecto como un todo goza de buenas comunicaciones con el resto del país. Las vías internas son relativamente buenas en las Zonas I, II y III, pero presentan deficiencias en las demás zonas, en las que existen dificultades de acceso a las poblaciones pequeñas y a los predios.

### 3.6 Marco institucional

Existe actualmente un número relativamente elevado de organismos y entidades de tipo diversos que conforman el marco institucional dentro del cual deberá desenvolverse el Proyecto Convento Viejo (1). Para facilitar su exámen, se han agrupado en tres categorías:

- Planificación y construcción de obras de riego
- Prestación de servicios de apoyo
- Asignación y control de recursos de agua

A continuación se tratan sucesivamente estas tres categorías:

#### a) Planificación y construcción de obras de riego

Los organismos incluidos en este grupo tienen todos ellos carácter oficial, ya sean Ministerios, dependencias gubernamentales o entes autónomos. Se destaca entre ellos por su importancia la Comisión Nacional de Riego, por cuya iniciativa se ha emprendido el presente estudio. La Comisión es un ente interministerial, creado en 1975 con el objeto de coordinar eficazmente la labor de los diferentes organismos encargados de la planificación y ejecución de las obras de riego y de las demás actividades relacionadas con la puesta en práctica de proyecto de riego en todo Chile. El Consejo de este organismo está integrado por los Ministros de Economía, Obras Públicas y Agricultura y el Director de la Oficina de Planificación Nacional (ODEPLAN)

La Comisión Nacional de Riego fue creada en vista del poco éxito logrado anteriormente por diversos comités de coordinación a nivel más bajo que habían sido establecidos con el mismo fin. A diferencia de tales comités, la Comisión Nacional de Riego tiene mayor efectividad, gracias a la participación en su Consejo de los ministros responsables de los campos pertinentes a su actuación, los cuales gozan de poderes ejecutivos y tienen el control de los presupuestos respectivos.

Entre los demás organismos de este primer grupo conviene mencionar a los siguientes:

- Dirección de Riego: dependencia del Ministerio de Obras Públicas, encargada de planear, proyectar y ejecutar obras públicas para fines de riego. La Dirección de Riego ha participado directamente en la elaboración de los estudios realizados hasta la fecha en relación con el Proyecto Convento Viejo y en la planificación de las obras ya construidas.
- Dirección General de Aguas: dependencia del Ministerio de Obras Públicas que elabora estudios hidrológicos y prepara programas de aprovechamiento y manejo de recursos de agua. La Dirección General de Aguas ha realizado diversos estudios en la zona del Proyecto.

---

(1) Véase también Capítulo K

- Oficina de Planificación Nacional (ODEPLAN): ente autónomo que está facultado para emitir un dictamen sobre la prioridad y la conveniencia de proyecto de inversión financiados por el Estado.

b) Prestación de servicios de apoyo

Los servicios de apoyo de mayor trascendencia para el Proyecto son la asistencia técnica y el crédito.

La asistencia técnica en el área del Proyecto es proporcionada por diversos organismos y entre ellos el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y la Corporación de la Reforma Agraria (CORA), adscritos todos ellos al Ministerio de Agricultura. Varios bancos y cooperativas otorgan también cierto grado de asistencia técnica a sus prestatarios y afiliados respectivamente. Asimismo, dos empresas industriales: la Industria Azucarera Nacional (IANSA) y la Compañía Chilena de Tabacos S.A. proporcionan asistencia a los productores, de remolacha la primera y de tabaco la segunda.

Sin embargo, pese a esta multiplicidad de fuentes de asistencia técnica, en la práctica sólo las dos últimas ofrecen un servicio eficiente, con resultados tangibles. En los demás casos, el bajo nivel actual de tecnificación de la agricultura y la ganadería, y la baja eficiencia del riego a nivel predial demuestran claramente que la asistencia técnica en el área del Proyecto no ha logrado hasta ahora ejercer un impacto significativo.

En lo referente a crédito existen actualmente problemas similares a los mencionados en relación con asistencia técnica. Numerosos bancos, institutos de crédito y cooperativas, ofrecen una amplia gama de líneas de crédito para diversas finalidades. Sin embargo, gran parte de los agricultores no recurren a ellos, ya sea por desconocimiento, ya por dificultades técnicas tales como obtención de avales o garantías, ya por temor a no poder reembolsar a tiempo los préstamos.

c) Asignación y control de recursos de agua

La asignación de derechos de agua que se reglamentó en un principio a través de un convenio entre las partes interesadas, pasó a hacerse posteriormente por medio de disposiciones legislativas, emitidas por el Ministerio de Obras Públicas. Este es, pues, en la actualidad el organismo facultado para modificar eventualmente la actual distribución de los derechos de agua entre los regantes.

En el control de los recursos de agua intervienen tres organismos a diferentes niveles:

- Las Juntas de Vigilancia, constituidas por las Asociaciones de Canalistas bajo el patrocinio de la Dirección de Aguas y que velan por la distribución del agua disponible a lo largo de un río o tramo de río, entre los diferentes canales que el mismo alimenta.

- Las Asociaciones de Canalistas, organismos dotados de personería jurídica e integrados como su nombre indica, por los canalistas, es decir los regantes que reciben agua de un mismo canal. Las Asociaciones velan por la repartición del agua entre sus miembros.
- Las Comunidades de Aguas de Riego, que no tienen personería jurídica y que son meras agrupaciones de regantes establecidas para fijar entre sus integrantes acuerdos sobre turnos de riego.

Este sistema de tres niveles, ha venido manejando durante muchos años el sistema actual de distribución de agua de riego sin mayores tropiezos, dentro de las limitaciones inherentes al sistema.

En conclusión merece señalarse que Chile atraviesa actualmente por un proceso de reforma institucional, orientado fundamentalmente a reducir la intervención del Estado en cuestiones económicas, transfiriendo al sector privado una parte de las actividades y de las empresas que estaban anteriormente en manos de organismos estatales o paraestatales.

Como resultado de este proceso es posible que se modifiquen en los próximos años los organismos e instituciones actualmente existentes que guardan relación con el Proyecto, sin que pueda preverse por el momento cuál será exactamente el marco institucional dentro del cual se desenvolverá el Proyecto Convento Viejo dentro de cinco o diez años.

## **Capítulo B**

# **DETERMINACION DE AREAS DE DESARROLLO**

## I N D I C E

	Página
1. DEFINICION DEL AREA DEL PROYECTO	1
2. DIVISION EN ZONAS	2

## C U A D R O S

B-1 Plan Global - áreas de desarrollo	3
---------------------------------------	---

**B. AREAS DE DESARROLLO****1. DEFINICION DEL AREA DEL PROYECTO**

El punto de partida para la definición del área del Proyecto lo constituyó el estudio de suelos, que cubre una superficie bruta total de 179.400 ha, de las cuales se clasificaron como aptas para riego unas 177.900 ha brutas (Capítulo A y Anexo I). A esta superficie se le agregó un área de 500 ha, correspondiente a la rinconada de Antivero, que no estaba incluida en el estudio de suelos, pero que por apreciación de terreno se confirmó que tenía suelos buenos. Así quedó el área total apta para riego en 178.400 ha brutas. Cabe señalar que esta cifra ya excluye las áreas urbanas así como las áreas ocupadas por ríos y esteros y por el embalse.

En general se adoptó un criterio maximalista, vale decir, el de incluir dentro del Proyecto la máxima área apta para desarrollo. Sin embargo, se decidió excluir del Proyecto un sector bien definido de unas 6.500 ha en el extremo norte del área, formado en su gran mayoría por suelos pumicíticos. Estos suelos presentan limitaciones severas de topografía y suelo que exigen riego por aspersión y prácticas de formación de estructura más estable. Son suelos de poca y muy poca profundidad efectiva, baja fertilidad, disectados en sectores amplios, con afloramientos rocosos, y limitados por tobas cementadas. Por sus características físicas y químicas, estos suelos son aptos en su primera fase de habilitación para pastos exclusivamente, lo que hace su inclusión en el plan muy poco atractiva.

Del área restante, de unas 171.900 ha brutas, se excluyeron solamente algunas franjas que quedarían por encima de los canales así como algunas áreas aisladas con problemas; las áreas así excluidas, que pertenecen casi en su totalidad a la zona de Alcones (1), suman 5.100 ha. En consecuencia, quedaron incluidas en el plan de desarrollo unas 166.800 ha brutas (Figura B-1). Cabe señalar que esta área total es superior a la contemplada por el Proyecto de la Dirección de Riego (160.000 ha brutas excluyendo el área inundada por el embalse).

---

(1) La división del Proyecto en zonas se expone en la sección siguiente.

## 2. DIVISION EN ZONAS

El área del Proyecto, según quedó definida en la sección precedente, ha sido dividida en 5 zonas, a saber:

- Zona I (o valle Central): Corresponde a la parte oriental del Proyecto, comunas de San Fernando y Chimbarongo. En esta zona predominan los suelos livianos superficiales, y algunas áreas se ven afectadas por niebla baja e incidencia de heladas. Es un área lechera, remolachera y productora de manzanas y peras.
- Zona II (o de Nancagua): Corresponde al área situada inmediatamente al poniente de la zona I, en las comunas de Placilla, Nancagua, Chépica y parte de Santa Cruz. Es el área más desarrollada del Proyecto, que por sus condiciones edafoclimáticas es apta para frutales de todas las especies, incluidas las de hoja perenne, viñas, cultivos hortícolas y una amplia gama de cultivos anuales.
- Zona III (o de Peralillo): Situada al oeste de la anterior, comprende la comuna de Peralillo y parte de las comunas de Santa Cruz y Palmilla. Predominan en esta zona los suelos de texturas pesadas, dedicadas en gran parte a arroz y pastos. Es igualmente allí donde tienen mayor repercusión las actuales deficiencias de agua de riego.
- Zona de Nilahue: Abarca las comunas de Lolol y Pumanque principalmente, y una pequeña extensión de la porción suroeste de la comuna de Santa Cruz. Por su clima y suelos esta zona presentará un alto potencial de desarrollo, una vez disponga de un suministro adecuado de agua para riego.
- La Zona de Alcones: Comprende la comuna de Marchigue, la porción norte de la de Pumanque y la parte oeste de la de Peralillo. Por ser un área menos protegida topográficamente y más cercana al mar, y con suelos más heterógenos, presenta un menor potencial dentro de las zonas de nuevo riego.

Las áreas actualmente bajo canal ocupan la casi totalidad de las zonas I, II y III, mientras que las zonas de Nilahue y Alcones son de nuevo riego. La división del área del Proyecto en zonas se presenta en la Figura B-1.

Las áreas brutas fueron convertidas a netas utilizando un coeficiente de área ocupada por canales, caminos, etc, del 10% en las zonas de nuevo riego y un 12% en las áreas de riego actual. Estos coeficientes fueron estimados con base en la experiencia en otras zonas semejantes de riego tanto en Chile como en otros países; la diferencia entre las áreas de riego actual y nuevo se debe a que el sistema de canales en las nuevas tendrá en promedio una menor longitud por ha.

De esta manera queda comprendida dentro del área del Proyecto considerada en el Plan Global una superficie de 148.030 ha netas, divididas entre las diferentes zonas según lo indicado en el Cuadro B-1.



Cuadro B-1: Plan Global - Areas de desarrollo (en hectáreas netas)

Zona	Con infraestructura de riego	Riego nuevo	Total
I	33.990	1.155	35.145
II	29.840	2.520 <sup>(1)</sup>	32.360
III	26.795	1.240 <sup>(1)</sup>	28.035
Subtotal	90.625	4.915	95.540
Nilahue		26.200	26.200
Alcones		26.290 <sup>(1)</sup>	26.290
Subtotal		52.490	52.490
T o t a l	90.625	57.405	148.030

- (1) Las rinconadas de La Patagua, La Lajuela y Yaquil que suman 1.605 ha netas y que son adyacentes a las zonas II y III, han sido consideradas dentro del área de Alcones y no de las zonas II y III, ya que se regarían por el canal que conduciría agua a Alcones (Canal Yaquil-Cañetén).

Como se plantea más adelante (Capítulo F), se determinó como área de la Etapa I una superficie neta de 117.840 ha, que incluye toda la superficie de las zonas I, II y III (con la excepción de 1.605 ha que se regarán por el Canal Yaquil-Cañetén y que fueron por lo tanto consideradas como parte de la zona de Alcones) más 22.300 ha en Nilahue.

Los valores arriba presentados son los que sirven de base para todos los análisis del plan propuesto. Sin embargo, en dos casos, descritos a continuación, se consideran áreas ligeramente diferentes:

- a) En el plan de desarrollo agrícola no se contabiliza para el desarrollo una superficie total de 2.640 ha (un 1,8% del área total), que corresponde a predios menores de 2,0 ha, ya que su carácter agrícola empresarial es dudoso (para más detalles véase Capítulo C); en cambio estas áreas sí han sido consideradas para los efectos del plan de obras de ingeniería y del balance hídrico.
- b) En el análisis hidrológico se ha considerado para la Zona I una superficie mayor en 1.230 ha que la arriba mencionada. Es-

te valor corresponde a la diferencia entre las áreas que quedan fuera de los límites del Proyecto pero sin embargo, usan y seguirán usando agua del Tinguiririca, y las áreas que quedan dentro de los límites del Proyecto pero que usan y seguirán usando aguas de fuentes ajenas al sistema (para más detalles véase Anexo III).

**Segunda Parte**

**PLAN GLOBAL**

Segunda Parte

# PLAN GLOBAL

## Capítulo C

# PLAN GLOBAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO

## I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION	1
1.1 Antecedentes y alcances del Plan	1
1.2 Limitantes principales	2
1.3 Objetivos básicos	3
1.4 Síntesis del Plan Global	4
2. PREMISAS Y METODOLOGIA	7
2.1 Premisas básicas del Plan	7
2.2 Metodología	7
3. MARCO DE PREFERENCIA	11
3.1 Areas incluidas en el Plan de Desarrollo	11
3.2 Estructura de la propiedad y número de predios	11
3.3 Agrupaciones de suelos	12
3.4 Características agroclimáticas del área	13
3.5 Agricultura existente	13
3.6 Incidencia de los problemas de agua	17
4. CULTIVOS INCLUIDOS EN EL PLAN	21
4.1 Criterios de selección	21
4.2 Cultivos permanentes	22
4.3 Cultivos anuales	23
4.4 Cultivos forrajeros	24
4.5 Variedades adaptadas y densidades de siembra	25
4.6 Rendimientos	28
4.7 Demanda de agua de los cultivos	32
4.8 Necesidades de mano de obra y maquinaria	33
4.9 Otros insumos	34
5. ROTACIONES	36
5.1 Introducción	36
5.2 Rotaciones en suelos de la Agrupación A	36
5.3 Rotaciones en suelos de la Agrupación B	37
5.4 Rotaciones en suelos de la Agrupación C	39
5.5 Utilización de suelos de la Agrupación D	39
5.6 Utilización de suelos de la Agrupación E	39
6. PLAN GLOBAL	40
6.1 Introducción	40
6.2 Criterios de asignación de áreas	41
6.3 Distribución de los cultivos	42
6.4 Distribución del área por cultivos	43
6.5 Producción prevista por rubros y destino de la misma	45
6.6 Valor de la producción total	47
6.7 Demanda de agua para el Plan Global	49
6.8 Requerimientos de mano de obra	49
6.9 Asistencia técnica	50

## C U A D R O S

		Página
C-1	Comparación porcentual entre la utilización actual y la propuesta en el Plan Global	6
C-2	Area neta regable por zonas	11
C-3	Composición porcentual de las diversas zonas según agrupaciones de suelos	14
C-4	Resumen del valor bruto de la producción actual	19
C-5	Distancias de plantación y cultivares adaptados para frutales	26
C-6	Cantidades de semillas y cultivares adaptados para cultivos anuales, praderas y forrajeras	27
C-7	Rendimientos proyectados de frutales y viñas en plena producción y rendimientos actuales estimados	29
C-8	Rendimientos proyectados en plena producción y rendimientos actuales de cultivos anuales y hortícolas	30
C-9	Rendimientos ganaderos proyectados para la etapa de plena producción y rendimientos actuales estimados	31
C-10	Uso-consumo anual de los cultivos incluidos en el plan agrícola	32
C-11	Requerimientos de mecanización y distribución de la mano de obra en rotaciones de la Agrupación A, para 10 hectáreas	38
C-12	Areas por cultivo y por zona - Plan Global	44
C-13	Valor bruto de la producción en pleno desarrollo del Proyecto	47
C-14	Estimaciones de utilización de mano de obra actual y futura	48
C-15	Demanda de agua para riego del conjunto del Proyecto en la etapa final	49

## F I G U R A S

		Después de página
C-1	Rotación de cultivos A1, A2, A3, A4 y A5	36
C-2	Rotación de cultivos B1, B2, B3, C1 y C2	39

## C. PLAN GLOBAL DE DESARROLLO AGROPECUARIO

### 1. INTRODUCCION

#### 1.1 Antecedentes y alcances del Plan

En este capítulo se presenta el Plan Global de desarrollo agropecuario para el Proyecto Convento Viejo, el cual se refiere a un área neta regable de alrededor de 145.000 ha, de las cuales más de 90.000 ha están bajo canal, mientras que el resto son tierras de secano.

La agricultura de regadío existente en el área actualmente bajo canal ha llegado a niveles aceptables dentro del contexto del país. Sin embargo, esta agricultura sufre de dos deficiencias importantes:

- Falta de seguridad de riego en alrededor de una tercera parte del área bajo canal.
- Deficiente aplicación de conocimientos y prácticas agrotécnicas.

Junto a estas áreas bajo canal, el Proyecto abarca también zonas actualmente en secano que presentan condiciones favorables para su desarrollo con riego.

El Plan Global de desarrollo agropecuario que ha sido elaborado en estrecha vinculación con el plan de ingeniería presentado más adelante (Capítulo E), propone por una parte el mejoramiento de la agricultura existente en la zona actualmente bajo canal, a través de un mejor suministro y aplicación del agua de riego y una mayor tecnificación y por otra parte la transformación de la agricultura de secano en agricultura de regadío en las áreas que actualmente no disponen de agua para riego.

Tomando en cuenta que para implantar el Plan Global habrá de transcurrir un plazo apreciablemente largo, y tratándose de un área tan vasta como la considerada, con numerosos factores agrícolas y económicos definitivamente imprevisibles, el Plan Global de desarrollo agropecuario presentado a continuación no puede tener el carácter de un programa detallado, elaborado con miras a su ejecución rigurosa y exacta. Por lo tanto el Plan tiene fundamentalmente los siguientes objetivos:

- Proporcionar un marco de referencia general, que aún dejando un margen considerable para futuras modificaciones, permita con todo elaborar un plan de ingeniería ajustado a las necesidades básicas del desarrollo agropecuario.
- Proporcionar una cuantificación aproximada de los resultados del desarrollo que permita llegar a una apreciación sobre la viabilidad económica del conjunto del Proyecto.

De ahí que el Plan Global presentado más adelante debe considerarse más como una guía que como un programa específico y definido. En

este sentido, parte de los cultivos que se señalan en el plan tienen sólo un valor indicativo, siendo cada uno el representante de un grupo de cultivos similares, con los cuales podrá sustituirse en el futuro según las circunstancias.

En el mismo orden de ideas es evidente que el tratar de pronosticar hoy la futura capacidad del mercado para cualquier cultivo, definido en términos imprecisos, y para un horizonte temporal de varios lustros, no tendría más que un valor teórico, máxime en las presentes circunstancias de profunda reestructuración económica por las que atraviesa Chile. Por esta razón, en la elaboración del Plan Global, la evaluación de la capacidad de mercado se ha guiado únicamente por los criterios de prudencia y sentido común, en ausencia de indicadores más confiables. En cambio en los análisis más detallados y a más corto plazo que figuran en el plan propuesto para la Etapa I (Capítulo G), los factores de mercado han recibido una consideración más precisa.

## 1.2 Limitantes principales

Un análisis detallado de los problemas y limitantes que afectan al sector agropecuario en el área del Proyecto figura en el Anexo VII. A continuación se exponen algunas de las limitantes principales que inciden sobre el desarrollo del Proyecto.

En las áreas de regadío existe en una parte importante de su extensión un problema de insuficiencia o de baja confiabilidad del suministro de agua. Este problema deberá ser resuelto por las obras de ingeniería programadas (Capítulo E). Por otra parte, la inseguridad del riego ha tenido por consecuencia la amplia difusión dada en la zona a cultivos tales como pastos y trigo, que se riegan sólo cuando hay agua suficiente en el predio mientras que cuando el agua escasea, ésta se destina preferentemente a los demás cultivos de mayor costo y de rentabilidad más elevada, aún a riesgo de que se pierdan los primeros. Esta práctica resulta en un bajo nivel de aprovechamiento del potencial de producción del área.

En las áreas de secano, la limitación fundamental es obviamente la falta de agua, que será superada una vez que se construyan la presa de Convento Viejo y los sistemas de conducción y distribución de agua para riego. Otras limitantes obvias son las dictadas por las características de suelos y clima de las distintas áreas de secano. Existe además en la mayor parte de estas áreas un problema importante de vías de acceso.

Existe, además, en toda el área tanto de riego actual como de secano, un problema general de insuficiente aplicación de tecnología, que se expresa en los rendimientos alcanzados, los cuales son apreciablemente inferiores a los que es dable alcanzar con tecnologías más modernas. Lo dicho se aplica también a las técnicas de riego, que aparte de su incidencia sobre las disponibilidades de agua (Capítulo H), repercuten directamente sobre los niveles de rendimiento alcanzados.

El problema de la tecnificación reviste especial agudez en los predios constituidos a raíz del proceso de reforma agraria, cuyos nuevos

propietarios carecen muchas veces de la preparación técnica exigida por una agricultura moderna. Además, muchos de estos agricultores "reformados" no han adquirido aún la experiencia y capacidad empresarial que requiere la gestión de una explotación agropecuaria.

Otro problema general del área es el de la insuficiencia de los servicios de apoyo tales como asistencia técnica y crédito, cuya importancia primordial se comprende a la luz de lo dicho en el párrafo anterior. Existe también un déficit de infraestructura física e institucional en el conjunto del área y más particularmente en las áreas de secano.

### 1.3 Objetivos básicos

El plan que presenta más adelante ha sido estructurado teniendo en cuenta los objetivos básicos de la política agraria a largo plazo del país, es decir:

- Maximizar el valor de la producción, es decir aprovechar al máximo el potencial de producción de los recursos disponibles.
- Contribuir al mejoramiento de la balanza de pagos del país.
- Contribuir a la generación de empleo en la región.
- Aumentar el ingreso de los productores.

Dentro de estos lineamientos generales, el Plan Global persigue los siguientes objetivos:

- Incrementar la producción de cultivos de alta rentabilidad, tales como frutales, viñas y hortalizas.
- Reducir las áreas dedicadas a empastadas extensivas sustituyéndolas por cultivos más intensivos.
- Elevar los rendimientos agrícolas y pecuarios a niveles acordes con las condiciones de suelo y agua.

Este último punto exige, para materializarse, diversas medidas que rebasan el marco de la planificación agrícola propiamente dicha, pero cuya importancia es fundamental para el éxito del Proyecto, ya que éste dependerá en último término de la aplicación simultánea e integral de todos los factores que constituyen la base de la producción agrícola, a saber:

- Seguridad en el riego
- Mejoramiento de las técnicas de riego
- Tecnificación de la producción
- Provisión de servicios de apoyo
- Mejoramiento de la infraestructura física e institucional.

Exceptuando el primero y segundo punto, que se lograrán básicamente a través de las obras de ingeniería y adecuación predial (Capítulos E y H) todos los demás, pero también en parte los dos primeros, requieren intervenciones a nivel de Plan de Organización (Capítulo K). Sin embargo

todos ellos ejercerán una influencia decisiva sobre los logros del desarrollo agropecuario y por consiguiente pueden y deben considerarse como objetivos vitales del Plan Global agropecuario.

#### 1.4 Síntesis del Plan Global

Teniendo en cuenta los objetivos, recursos y limitantes del Proyecto, se ha estructurado el Plan Global de desarrollo agropecuario, cuyos puntos descollantes pueden sintetizarse así:

##### a) Para las zonas de riego actual

- Una intensificación en el uso de tierra, ampliando la proporción de las áreas dedicadas a frutales, viñas, cultivos hortícolas y cultivos anuales, a expensas de las áreas dedicadas a empastadas extensivas, o las no utilizadas. Asimismo introducir un doble cultivo anual siempre y cuando las condiciones lo permitan.
- Un aumento en los rendimientos acorde con el potencial inherente en los suelos y clima, a través de una mejora y sistematización en la aplicación de insumos y una tecnificación general de la agricultura.

##### b) Para las áreas de secano

El Plan prevé la introducción de una agricultura de regadío tecnificada, aprovechando al máximo las nuevas posibilidades de producción que brindará el riego y utilizando de la mejor forma posible los recursos de suelo y clima de estas zonas para desarrollar cultivos de alta rentabilidad, dentro de las limitaciones previsibles para su producción.

El plan es el resultado de asignar al área de cada una de las cinco agrupaciones de suelos en que se dividieron las tierras del Proyecto las rotaciones más acordes con las características y tendencias de desarrollo actuales y con el potencial de cada una de las zonas del Proyecto. Los cultivos permanentes de frutales y viñas se plantan siempre en suelos de la Agrupación A, que son los mejores.

Aunque todas las zonas del Proyecto presentan condiciones de suelo y clima apropiadas para los mismos grandes rubros agropecuarios es decir: frutales y viñas, cultivos anuales y hortícolas y ganadería, existen sin embargo diferencias entre ellas - en razón de los factores edafoclimáticos - de una magnitud suficiente para caracterizarlas por las actividades que predominarán en cada una de ellas, de acuerdo al plan propuesto:

- Zona I : Ganadería de leche, frutales de menor susceptibilidad a las heladas, y cultivos anuales.
- Zona II : Frutales, viñas, cultivos hortícolas y anuales
- Zona III : Arroz, pastos para ganado de engorda y frutales
- Nilahue : Frutales, viñas, cultivos hortícolas, arroz y otros cultivos anuales.

Alcones : Zona heterogénea con probable predominio ganadero.

A nivel de Proyecto total, es decir incluyendo tanto las zonas de riego actual como las actualmente de secano de Nilahue y Alcones, el plan propuesto prevé una disminución del área de praderas artificiales y naturales equivalente al 25% del área total, que será aprovechada para incrementar las áreas de cultivos anuales en un 18% y las de frutales y viñas en un 7% del área total (Cuadro C-1).

En las zonas actualmente bajo riego el aumento principal se registrará en las áreas de frutales (7%). En las zonas de secano se proyecta un aumento comparable aunque algo mayor de la fruticultura (8%) y una expansión notable de los cultivos anuales y hortícolas (41%).

Cuadro C-1 : Comparación porcentual entre la utilización actual y la propuesta en el Plan Global

	Zonas de riego actual			Zonas de secano			Proyecto total		
	Uso actual	Uso prop.	Diferencia	Uso actual	Uso prop.	Diferencia	Uso actual	Uso prop.	Diferencia
Frutales y viñas	9	16	+ 7	2	10	+ 8	7	14	+ 7
Cultivos anuales y hortícolas	50	55	+ 5	19	60	+ 41	38	56	+ 18
Forrajeras	41	29	- 12	79	30	- 49	55	30	- 25
	100	100		100	100		100	100	

## 2. PREMISAS Y METODOLOGIA

### 2.1 Premisas básicas del plan

El plan agropecuario propuesto parte de ciertas premisas generales que lo fundamentan, siendo las principales:

- a) El desarrollo agropecuario del Proyecto tendrá lugar dentro del ámbito de la política general agraria del país, que implica entre otros aspectos:
  - Apertura del comercio exterior y por tanto competencia del productor chileno en los mercados externos para productos de exportación, y en los mercados internos con productos extranjeros.
  - Precios de productos y de insumos libres y de nivel internacional.
  - Apoyo del estado en la promoción de productos en el mercado externo, en la modernización requerida para competir internacionalmente, y en la investigación y extensión agrícola.
- b) El régimen actual de propiedad de la tierra determina el tamaño y la ubicación de las unidades de producción sin que se contemplen actividades concernientes a su modificación.
- c) El plan debe tener implícita la flexibilidad requerida para poder ajustarse a futuros cambios en las demandas, en la rentabilidad o en la tecnología, dentro de las posibilidades y restricciones impuestas por los suelos y el clima.

Más adelante se señalan, en los lugares oportunos, las premisas que se aplicaron en las diferentes etapas de la elaboración del Plan Global.

### 2.2 Metodología

#### 2.2.1 General

Metodológicamente la planeación agropecuaria fue un proceso que abarcó numerosas actividades comprendidas dentro de los cinco aspectos generales siguientes:

- Estudio de la situación actual y de los recursos y limitantes básicos
- Selección de cultivos y de rotaciones apropiadas
- Determinación de rotaciones por zona y de áreas por cultivo
- Integración y compatibilización general del plan
- Refinación de datos económicos y complementación.

Cabe destacar de una parte que no se ahorró esfuerzo en recabar información directamente mediante estudios de campo, visitas a oficinas

regionales, e interpretación aerofotogramétrica, y de otra parte que se utilizó el mayor número de fuentes secundarias de información disponibles. A este último respecto debe señalarse que fuentes importantes de datos como el último Censo Nacional (1976), y el Catastro Frutícola de CORFO (1977) no estuvieron procesados antes de la terminación del presente estudio. Sólo pudo utilizarse información preliminar y parcial del Censo. No obstante lo anterior, y las posibles modificaciones que puedan sufrir los adelantos del Censo, las conclusiones y cifras presentadas aquí son igualmente válidas, para el área y situación estudiadas.

Se señala también que la información estadística agropecuaria, especialmente la relacionada con productos e insumos y su comercio interno y externo, se encontró incompleta y en algunos casos contradictoria entre las diversas fuentes oficiales.

La metodología aquí indicada se aplica a lo relacionado al Proyecto total, y por consiguiente se refiere no sólo a lo tratado en el presente capítulo sino también y más particularmente a lo referente a la Etapa I que se trata en el Capítulo G. Metodologías más particulares relacionadas con tópicos integrantes del plan agropecuario tales como: situación actual, régimen de propiedad, suelos, riego, comercialización, etc., se presentan dentro de sus respectivos estudios.

Cabe destacar aquí que dadas la gran extensión del Proyecto, el alto número y diversidad de tamaño de los predios y la variabilidad en las condiciones edafoclimáticas entre las diferentes zonas, se encontró más adecuado determinar y cuantificar el plan agrícola y pecuario en base a la composición multianual de las diversas rotaciones propuestas y no en base a predios representativos de condiciones promedio para agrupaciones o estratos, que podrían resultar en discrepancias y distorsiones al cuantificar el plan en su totalidad. Lo apropiado de este método, se ve reforzado por el hecho de no ser éste un plan de asentamiento y redistribución de tierras, sino de su aprovechamiento global y racional.

Sin embargo para demostrar la aplicabilidad de las rotaciones propuestas en las diversas agrupaciones de suelos, a los diversos tamaños de predios y condiciones, se ha seleccionado un número de predios representativos para este efecto, cuyos detalles se presentan en el marco plan de desarrollo de la Etapa I (Capítulo G).

### 2.2.2 Estudio de la situación actual y de los recursos y limitantes básicos

Este análisis tuvo por objeto determinar el punto de partida y las tendencias y posibilidades de desarrollo de las diversas zonas que integran el Proyecto. Para tal efecto se estudiaron en campo y oficina los siguientes aspectos principales, confeccionando los respectivos mapas cuando fue del caso, e interrelacionándolos.

- Desarrollo agropecuario y uso actual de la tierra, con análisis separados para: frutales y viñas, cultivos hortícolas, cultivos anuales y ganadería.

- Régimen de propiedad, en cuanto éste determina directamente el tamaño y ubicación de las unidades de producción e indirectamente, el número y características de los productores.
- Edafoclimatología. Se estudió la agroclimatología de las diversas zonas, y se confeccionaron cinco agrupaciones y mapas zonales de uso y manejo de los suelos del Proyecto, en base a las clases y subclases de suelos para riego.
- Se determinó el uso consumo por cultivo, las tasas de riego, y las disponibilidad de agua.
- Se identificaron las tendencias generales de desarrollo de cada una de las zonas del Proyecto, así como la infraestructura y servicios disponibles.
- Se adelantaron encuestas de opinión entre los agricultores del Proyecto.
- Se estudiaron los aspectos demográficos, y de empleo de las zonas del Proyecto.
- Se estudió la política sectorial y las metas agropecuarias nacionales y regionales.

### 2.2.3 Selección de cultivos y rotaciones apropiadas

En base a su adaptabilidad edafoclimática, a aspectos técnicos, de mercado potencial y de infraestructura principalmente, se seleccionaron los diversos cultivos, haciéndose cálculos preliminares de rentabilidad por ha, y confeccionándose diversas rotaciones, para las diferentes condiciones y categoría de productores del Proyecto.

### 2.2.4 Determinación de rotaciones por zona y de áreas por cultivo

El área regable de las diversas agrupaciones de suelos en cada zona se distribuyó por rotaciones (una vez descontada el área de frutales y viñas), teniendo en cuenta las particularidades y tendencias de desarrollo de cada zona, como también las limitantes de infraestructura y comercialización.

Con base en la composición multianual de cada rotación se determinaron las áreas por cultivo, a nivel de zona y a nivel de Etapa y Proyecto, ajustadas al área neta agrícola empresarial.

### 2.2.5 Integración y compatibilización general del Plan

Aunque el proceso de integración y compatibilización del plan agropecuario con los demás elementos y factores componentes del Proyecto fue un proceso continuo a lo largo de toda su ejecución, en este punto se puso especial énfasis en su compatibilización en cuanto a balance hídrico, requerimiento de insumos y organización propuesta para la prestación y recepción de los servicios de apoyo a la producción, introduciendo los ajustes del caso.

### 2.2.6 Refinación de datos económicos y complementación del plan

Se procedió luego a un refinamiento de los patrones de costos e ingresos por hectárea, tanto para el análisis financiero como para el análisis económico, y a la complementación general del plan con estimativos, tales como distribución mensual de requerimientos de mano de obra y maquinaria agrícola, requerimiento de semillas y fertilizantes, inversión agropecuaria, ritmo de incorporación de área y crecimiento de los rendimientos, etc. Finalmente se sintetizó y simplificó la información y datos preparados, para el informe.

### 3. MARCO DE PREFERENCIA

#### 3.1 Areas incluidas en el Plan de Desarrollo

Las áreas de desarrollo de las diferentes zonas del Proyecto, expresadas en términos de superficie neta regable, se presentan en el Cuadro C-2, diferenciando para cada zona entre el área agrícola empresarial, y el área de carácter habitacional o rur-urbana.

Cuadro C-2 : Area neta regable por zonas (ha)

Zonas	Area neta regable		
	Agrícola empresarial	Rur-urbana	Total
Riego actual			
I	34.475	670	35.145
II	31.115	1.245	32.360
III	27.470	565	28.035
Subtotal	93.060	2.480	95.540
Nuevo riego			
Nilahue	26.110	90	26.200
Alcones (1)	26.220	70	26.290
Subtotal	52.330	160	52.490
Total	145.390	2.640	148.030

(1) Incluye 1.605 ha netas de rinconadas servidas por el canal Yáquil-Cañetén, aledañas a las zonas II y III, mientras que las demás rinconadas, con un total de 4.915 ha, están incluidas en sus respectivas zonas.

#### 3.2 Estructura de la propiedad y número de predios

Como resultado de la aplicación de las leyes de Reforma Agraria, poco más del 40% de la superficie de las zonas de riego actual se redistribuyen en unidades agrícolas familiares (UAF), y algo más de una cuarta parte de la superficie de las zonas de nuevo riego continúa asignada en forma de asentamientos o explotaciones colectivas del tipo SARA (Sociedad Agrícola de Reforma Agraria).

El área restante permaneció en manos de sus propietarios tradicionales. De esta área, en las zonas de riego actual, los predios entre 25 y 100 hectáreas, ocupan la mayor extensión (24% del área total) mientras que en las zonas de secano predominan los predios mayores de 100 ha (cerca del 50%). Sin embargo, aún en estas últimas áreas no existen grandes propiedades dentro del Proyecto, ya que el tamaño promedio de los predios mayores de 100 ha físicas en secano se sitúa alrededor de 255 ha

físicas. De otra parte, sólo un 3% del área total del Proyecto está constituida por propiedades inferiores a 5 hectáreas físicas.

El número total de productores con propiedades mayores de 2,0 ha físicas (predios empresariales), es algo más de 6.500. Más de las tres cuartas partes de ellos explotan unidades con tamaño entre 5,1 y 25 ha, incluidos los productores del sector reformado. El número total de productores del sector reformado en las áreas de secano podría incrementarse al introducir el riego, en caso de efectuarse la asignación individual de las SARA, lo que elevaría el número de predios de 5 a 25 ha. Para más detalles sobre el régimen de propiedad y la ubicación de las propiedades por estratos de tamaño (véanse el Anexo V y el Album de Mapas).

### 3.3 Agrupaciones de suelos

En base a la clasificación de suelos para riego, ejecutada según normas del U.S.B.R (Anexo I) se conformaron cinco agrupaciones para uso y manejo de los suelos del Proyecto.

#### Agrupación A

Corresponde a suelos sin restricciones o con restricciones ligeras para frutales y viñas y aptos para una amplia gama de cultivos anuales. Esta agrupación está conformada por la clase 1 para riego, y las subclases 2 s y 2 st. Estos son, en general, suelos profundos, de texturas media, moderadamente gruesa o moderadamente fina, bien estructurados de fácil penetración para las raíces, aire y agua. Son los mejores suelos del Proyecto.

#### Agrupación B

Está conformada por la subclase 2 sd exclusivamente. Aunque son en general suelos profundos, poseen restricciones texturales y de drenaje. Los cultivos aptos para estos suelos son aquellos adaptables a texturas finas en sus diversos grados de restricción impuestos por mal drenaje interno y externo.

#### Agrupación C

Comprende suelos que van desde moderadamente profundos a <sup>superficiales</sup> superficiales, topografía plana a moderadamente inclinada, drenaje moderadamente bueno a excesivo. Son suelos de texturas livianas, pertenecientes a las subclases 3 s y 3 st. Son suelos en los cuales debe evitarse su degradación por exceso de laboreo, y tenderse a la formación y conservación de una estructura estable.

#### Agrupación D

Comprende suelos de textura fina o moderadamente gruesa en superficie, sobre fina, siempre con drenaje natural imperfecto e interno lento, con un duripán subyacente compuesto de arcilla o de otros materiales cementados. A esta agrupación corresponden los suelos de las subclases 3 sd y 3 sdt.

#### Agrupación E

Está compuesta exclusivamente por suelo de la clase 4 para riego. Estas tierras son arables limitadas, con deficiencias severas que

restringen su uso o exigen prácticas muy estrictas de manejo. El uso más apropiado para estos suelos es la empastada de larga duración, aunque algunos subclases podrían tolerar usos alternos como arroz, o cultivos de arraigamiento superficial como hortalizas, en forma limitada. Son suelos de texturas generalmente gruesas.

En el Cuadro C-3 se presentan en porcentajes la composición de las diversas zonas del Proyecto respecto a estas agrupaciones. Su ubicación se muestra en las Figuras 18 al 22 del Album.

### 3.4 Características agroclimáticas del área

En el Anexo II, se tratan en detalles los aspectos de clima del área del Proyecto. Se señalan aquí sólo algunas características climáticas importantes desde el punto de vista agrícola, particularmente aquellas restrictivas o limitantes del crecimiento y producción de los cultivos.

Dentro del clima del área del Proyecto, clasificado como templado cálido con estación seca prolongada (Csb<sub>1</sub>- Koeppen) se distinguen dos tipos de clima: el de valle longitudinal (Zona I) y el valle costero (de más zonas). El valle longitudinal presenta temperaturas máxima y mínima media anuales un poco más bajas, que los valles costeros y un período seco un poco más corto.

El período vegetativo (temperatura media superior a 10°C) en el valle longitudinal es de 250 días y de 300 días en los valles costeros. El período libre de heladas es de 5 meses en el valle longitudinal y de 8 meses en los valles costeros. La incidencia de heladas es en promedio de 30 días para el valle longitudinal, y 5 días para los valles costeros. El promedio de grados-días anuales por sobre 5°C es de 3.000 para el valle longitudinal y 3.300 para los valles costeros.

De otra parte la evaporación anual en los valles costeros es superior a la del valle longitudinal. Debe señalarse en este último valle en la comuna de Chimbarongo la incidencia de nieblas bajas.

### 3.5 Agricultura existente

#### 3.5.1 Zonas de riego

Uso actual

En las áreas que cuentan con infraestructura de riego la superficie se utiliza aproximadamente de la siguiente manera:

Frutales y viñas	9% del área neta
Cultivos anuales y empastadas	50% del área neta
Empastadas artificiales y naturales	41% del área neta

Estas cifras se refieren a la superficie definida como área agrícola comercial neta, habiendo variaciones anuales en la extensión dedicada a los diferentes cultivos anuales y empastadas.

Cuadro C-3 : Composición porcentual de las diversas zonas según agrupaciones de suelos

Agrupación de suelos	Zona I	Zona II	Zona III	Ñilahue	Alcones	Proyecto Global
A	25,8	51,2	29,9	58,9	35,7	39,7
B	10,1	37,5	43,8	1,3	3,0	19,5
C	43,9	4,9	7,7	14,0	31,4	21,1
D	5,6	1,5	6,7	22,2	18,4	10,2
E	14,6	4,9	11,9	3,6	11,5	9,5
Total %	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
ha netas	34.475	31.115	27.470	26.110	26.220	145.390

(1) Incluye 1.605 ha netas de rinconadas servidas por el canal Yáquil-Cañetenes y aledañas a las zonas II y III.

El área de huertos frutales corresponde en un 60% a viñas vinífera y en un 40% a frutales. De esta última área, unas dos terceras partes son árboles de hoja caduca, y una tercera parte árboles de hoja persistente. Los principales frutales de hoja caduca, en orden decreciente de extensión plantada son: manzanos, perales, ciruelos, durazneros y membrillos. Los frutales de hoja persistente que mayores áreas ocupan son: límoneros, naranjos y paltos. Los frutales de hoja caduca se destinan príncipalmente a la exportación, y los de hoja persistente principalmente al consumo interno.

Los cultivos anuales más difundidos son: trigo, maíz, frejol, arroz y en menor extensión papa, remolacha, tabaco y maravilla. Con la excepción del frejol todos ellos deben importarse actualmente al país, o bien sus derivados o sustitutos.

Las empastadas del área del Proyecto se dedican a la producción de leche y carne, ambos productos deficitarios, que requieren volúmenes considerables de importación, especialmente la leche. Unas dos terceras partes del área dedicada a pastos corresponde a praderas artificiales, principalmente de tréboles, y la otra tercera parte está compuesta por praderas naturales, mejoradas o no.

En las áreas de frutales, las restricciones en la disponibilidad de agua para riego (Ver Sección 4.6 más adelante) y prácticas inapropiadas en su aplicación a nivel predial causan pérdidas en la productividad, tanto por un volumen menor de producción total como por un mayor porcentaje de fruta que no logra el calibre requerido para su exportación, sin que pueda operarse una reducción equivalente en los costos de producción.

Varios otros factores combinadamente limitan el nivel actual de productividad de los frutales en el área del Proyecto. Existen diferencias o carencia, de conocimientos técnicos en lo referente a control de plagas y enfermedades y a prácticas de nutrición, de raleo y de poda, lo cual como en el caso de las deficiencias de agua se manifiesta en menor producción total y más bajo porcentaje de fruta exportable.

En algunos casos la insuficiente o inoportuna aplicación de fertilizantes y productos fitosanitarios, se debe a estrecheces financieras (carencia de recursos propios o altas tasas de interés al capital de trabajo). A este respecto cabe señalar que en el área del Proyecto existe un alto porcentaje de árboles jóvenes que por su menor o incipiente producción generan ingresos bajos, por lo que los agricultores de recursos limitados aplican insumos en cantidades insuficientes, especialmente fertilizantes, causándose un retraso en su desarrollo. Igualmente puede señalarse la ocurrencia de coberturas inadecuadas en la aplicación de pesticidas por el tipo de equipo utilizado.

El área del Proyecto predominan todavía las siembras de baja densidad de frutales (8 x 8 m), aún cuando se han hecho nuevas plantaciones de manzanos a más alta densidad (8 x 4 m). La baja densidad repercute en la producción por hectárea.

Lo dicho para los frutales es aplicable en general a las viñas viníferas, excepto que estas corresponden a unas dos terceras partes a cepas viejas, sembradas a muy alta densidad (1,40 x 1,00) en espaldera, cuando la tecnología actual tiende a más baja densidad (4 x 4, 4 x 3) con siembra en parronal. Otra diferencia importante es que mientras la producción de frutales está dirigida a la exportación, la producción de vino tiene su mercado principal en el país mismo.

Aunque en general los frutales se encuentran plantados en suelos apropiados, es decir, profundos de textura media, algunos frutales están plantados sobre suelos livianos poco profundos y algunas viñas en suelos de textura muy pesada o muy liviana.

En el Album de mapas (Fig. 13 al 17) se muestra la ubicación de las plantaciones actuales de frutales y viñas.

Los cultivos anuales, al igual que los frutales, presentan deficiencias en su producción y por consiguiente posibilidades de mejoramientos sustanciales de los rendimientos y de la productividad. Estas deficiencias se relacionan a aspectos tales como:

- Deficiencias en el suministro de agua durante períodos del cultivo, y aplicación inapropiada de la misma, en cuanto a uniformidad de distribución a lo largo del perfil y profundidad de penetración.
- Caudales excesivos de aplicación de agua para riego durante el período en que ella puede arrastrar la semilla o desarraigar las plántulas.
- Deficiencias agrotécnicas en cuanto a fertilización y control de malezas, enfermedades y plagas, por no efectuarse las prácticas requeridas, por mala dosificación o elección de los productos, o por extemporaneidad o mala cobertura de aplicación.
- Mala selección del suelo para el cultivo emprendido.
- Epoca y/o técnicas de siembra inapropiadas.
- Utilización de cultivares de bajos o menores rendimientos o de menor resistencia a determinadas enfermedades o plagas. En frejol, por ejemplo, se utilizan cultivares de bajo rendimiento y en el trigo continúan utilizándose cultivares de menor rendimiento y susceptibles a enanismo amarillo. En maíz, una parte de los agricultores no usan semillas híbridas.
- Utilización de semillas no mejoradas o no certificadas.
- Baja capacidad empresarial de algunos productores, especialmente nuevos productores asentados por la reforma agraria.
- Baja capacidad financiera de estos últimos para la adquisición de insumos, y/o carencia de asistencia técnica suficiente en la ejecución de prácticas agrotécnicas de los cultivos.

El nivel de rendimientos por hectárea de los cultivos anuales de mayor extensión en el área regada del Proyecto (trigo, maíz, frejoles y

arroz), presenta para el quinquenio 65-70, valores más altos que los correspondientes a los años subsiguientes. Esta depresión de rendimientos se debe al parecer a la entrada de nuevos productores asentados por el proceso de reforma agraria y a las repercusiones de este proceso sobre los productores restantes. Actualmente, dichos cultivos se aproximan a sus niveles anteriores, con excepción del maíz que no ha recuperado completamente sus rendimientos. Sin embargo, según se muestra en el análisis detallados de la situación actual que aparece en el Anexo VII, se alcanzaron en el pasado rendimientos anuales promedios más altos para los cultivos de mayor extensión, lo cual es un indicativo del potencial del medio y de sus productores.

En cambio, los cultivos anuales que disponen de paquetes tecnológicos completos, incluyendo financiación y compra del producto, tales como tabaco y remolacha, mantienen un nivel de rendimientos bastante estabilizado.

#### Ganadería

Los pastos y la producción ganadera, como ya se mencionó, terminan absorbiendo las deficiencias en el suministro de agua. Los pastos constituyen la última prioridad en la distribución predial de la dotación de agua cuando esta se ve disminuida, ya que de una parte el agricultor enfrentado a una situación crítica estimará que estos pueden soportar más largas sequías y recuperarse con menores perjuicios que otros cultivos, además de que los insumos aplicados han sido menores y puede suspenderse su aplicación inmediata.

La falta de agua para riego es indudablemente el factor principal que limita la producción forrajera. Un segundo factor de gran importancia, es el manejo que se da a las praderas ya que generalmente se utilizan en pastoreo continuo o en rotaciones que no consultan ciclos apropiados de talaje y recuperación.

La producción de carne es igualmente cíclica y en muchos casos los animales pierden peso durante el período de invierno.

El ganado existente es casi exclusivamente holando-europeo u holando-americano, con potencial genético para la producción de leche. El ganado de engorda corresponde a las crías macho de este ganado y algo de razas Hereford traídas de fuera de la zona.

Indudablemente el factor de mayor incidencia en limitar los rendimientos ganaderos está constituido por las deficiencias en la alimentación del ganado. Aunque hay muchas posibilidades de mejorar el aprovechamiento del forraje con un mejor manejo de los pastos, no puede esperarse una solución adecuada sin una ampliación de la disponibilidad de agua de riego y un mejoramiento de su aprovechamiento predial. Dentro del manejo de pastos se entiende incluir las provisiones requeridas para el suministro de alimentos al ganado durante el período invernal durante el cual se deprime por menores temperaturas el crecimiento de las leguminosas.

## Resumen

Los factores que limitan los rendimientos y la productividad pecuaria en las zonas de riego actual se analizan con mayor detalle en el Anexo VII. Aunque el peso relativo y el orden de incidencia de cada uno de ellos varía según el rubro, pueden agruparse y ordenarse en categorías muy generales, así:

- Deficiencias en el suministro y aplicación de agua para riego
- Deficiencias en la difusión y aplicación de los conocimientos técnicos específicos a cada empresa agropecuaria.
- Deficiencias en el nivel y/o aplicación de insumos.
- Deficiencias en la prestación y/o recepción de servicios de apoyo a la producción.
- Baja capacidad empresarial de algunos productores especialmente los asentados por el proceso de reforma agraria.

### 3.5.2 Zonas de secano

En sólo cerca de un 30% y un 10% de las Zonas de Nilahue y Alcones respectivamente se desarrollan al presente actividades relacionadas con la producción de cultivos anuales y permanentes, correspondiendo el área restante a empastadas naturales y cubierta arbustiva.

Los cultivos de invierno, o sea trigo y avena, pero principalmente el primero, ocupan la mayor parte del área cultivada. A base de limitados suministros de agua se desarrollan durante el verano cultivos de maíz y frejol, o de garbanzos en suelos de vega. En condiciones precarias se desarrollan algunas áreas de viñas y en menor extensión de cítricos. La presencia de árboles de otras especies frutales indica, sin embargo, su adaptabilidad a estas zonas.

La ganadería prevaeciente en las áreas de secano es la ovejería, con una muy baja capacidad de carga.

El factor obvio que limita el desarrollo agrícola de las zonas de secano es la carencia de un suministro de agua para riego. Lógicamente el agua sola no podrá desarrollar adecuadamente estas áreas, sino que se requerirán además la tecnificación de la agricultura y el desarrollo de una suficiente infraestructura física y organizativa.

### 3.5.3 Valor de la producción

En el Cuadro C-4 se presenta un resumen del valor bruto de la producción actual en el conjunto del área incluida en el Plan Global, desglosado por zonas y por grandes rubros de producción.

## 3.6 Incidencia de los problemas de agua

El desarrollo de la agricultura en el área del Proyecto está íntimamente ligado al desarrollo de la infraestructura de riego y a la disponibilidad anual de agua.

Cuadro C-4 : Resumen del valor bruto de la producción actual (Miles de PUS\$)

Zonas	Frutales y viñas		Cultivos anuales		Ganadería		Todos los rubros			
	Area (ha)	Valor total	Area (ha)	Valor total	Area (ha)	Valor total	Area neta (ha)	%	Valor bruto Total	%
I, II, III	8.600	12.298	46.215	36.186	38.245	11.665	93.060	64	60.149	91
Nilahue	830	452	7.530	2.987	17.750	532	26.110	18	3.973	6
Alcones	130	71	2.205	875	23.885	716	26.220	18	1.662	3
Proyecto	9.560	12.821	55.950	40.050	79.880	12.913	145.390	100	65.784	100
% del área	7		38		55		100			
% del valor		19		61		20			100	

En las áreas de secano, según se ha visto, las posibilidades de la agricultura se reducen, en ausencia de agua para riego, a la siembra de cultivos invernales (trigo, cebada) y a la explotación, mejorada o no, de praderas naturales principalmente en ovejería.

En las áreas de riego actual el suministro de agua, por provenir de un régimen niveopluvial sin obras de regulación, presenta fluctuaciones muy marcadas, con el consiguiente riesgo de pérdidas de producción en los predios que cuentan con derechos de agua permanentes y riesgos mayores aún en aquellos que sólo tienen derechos eventuales. Esta situación se ve empeorada tanto por las fallas inherentes al intrincado sistema de distribución de agua y a sus mecanismos actuales de operación y mantención, como también por el hecho de que no existe correspondencia entre los derechos de agua vigentes y las necesidades reales de los distintos predios. Los métodos de aplicación predial contribuyen también apreciablemente a los problemas existentes en este campo (Anexo VIII)

Todos los casos de mermas en el suministro habitual de agua obligan a los agricultores a tomar sus propias decisiones respecto a la distribución intrapredial de una menor dotación. Es indudable que tanto el cultivo del trigo como el de las empastadas artificiales además de ser elementos integrativos de la rotación tradicional del área, constituyen un mecanismo generalizado mediante el cual cada predio trata de protegerse de las deficiencias periódicas en la disponibilidad de agua. Los pastos, y por ende la producción pecuaria, terminan absorbiendo en diversos grados las variaciones en el suministro de agua a los predios. Ello no quiere decir, sin embargo, que otros cultivos permanentes críticos, como frutales y viñas o los cultivos anuales reciban siempre las cantidades de agua requeridas según su uso-consumo estimado.

Por otra parte, en las áreas de riego actual, la agricultura debe desarrollarse por razones de clima, pero también de suministro de agua, esencialmente en el período de primavera y verano, imponiéndose con esto una concentración de las actividades agrícolas de preparación de tierra y siembra de cultivos anuales durante el período de primavera. Esto trae una concentración correspondiente en la ocupación de mano de obra en forma de pirámide, que asciende durante la primavera, alcanza su cúspide durante el verano (recolección de cultivos anuales y frutales), y decrece durante el otoño. En el período invernal la ocupación de mano de obra llega a su mínimo, atenuándose sólo por las actividades de poda de frutales y viñas, por las labores relacionadas con la atención del ganado principalmente lechero, por la recolección de partes de la cosecha de remolacha y cítricos y por la poca mano de obra requerida en la atención del trigo durante esta parte de su período vegetativo.

#### 4. CULTIVOS INCLUIDOS EN EL PLAN

##### 4.1 Criterios de selección

Los cultivos seleccionados para inclusión en el plan agropecuario son todos de adaptación ecológica comprobada al área del Proyecto, y se cultivan en mayor o menor escala en la actualidad.

Especial consideración se prestó en la selección de los cultivos al aporte que los respectivos productos puedan hacer a mejorar la situación de la balanza de pagos del país ya como rubros exportables o como sustitutos de importación.

La fruticultura y la horticultura a pesar de la alta inversión que implican, constituyen sin duda el mayor potencial del área y su gran reserva futura, ya que aún el más ambicioso desarrollo de estos rubros no podrá explotar sino medianamente los recursos de suelos y clima disponibles para ellos. Estos rubros continuarán siendo aquellos para los cuales Chile puede tener ventajas comparativas de producción, a pesar de los adelantos tecnológicos ocurridos en la conservación y almacenamiento de productos perecederos en los países que constituyen los principales mercados externos para frutas y hortalizas chilenas.

De otra parte, no resulta práctico ni realista apartarse radicalmente del tipo de cultivos que actualmente se producen en las zonas regadas, pero si introducir las modificaciones que se requieran en las prácticas actuales, y capacitar el sistema para una diversificación futura de los cultivos.

Es de señalar que para efectos de este estudio de factibilidad, algunos cultivos específicos representan mas bien una gama de ellos, con características, requerimientos y posibilidades similares. A continuación se describen brevemente los cultivos específicos que forman parte del plan, agrupados según los siguientes acápités:

- a) Cultivos permanentes
  - Frutales de hoja caduca
  - Frutales de hoja persistente
  - Viña vinífera
  
- b) Cultivos anuales
  - Cereales y granos
  - Cultivos industriales
  - Cultivos hortícolas
  
- c) Cultivos forrajeros
  - Rotación corta
  - Permanentes

En el Anexo XI se presentan patrones de cultivo así como planillas detalladas de ingresos y egresos por hectárea para cada uno de los cultivos incluidos en el Plan Agropecuario.

## 4.2 Cultivos permanentes

### 4.2.1 Frutales de hoja caduca

Como representativos de los frutales de hoja caduca, cuya producción según se prevé se destinará esencialmente al mercado externo en forma de fruta fresca, se toman para este estudio el manzano y la uva de mesa. El manzano es el frutal que ocupa en la actualidad una mayor superficie sembrada dentro del área del Proyecto y la uva de mesa representa uno de los productos chilenos con mejores perspectivas de exportación. Combinadamente pueden dar un valor representativo del orden de magnitud de la inversión y rentabilidad por hectárea de los diversos frutales destinados a la exportación, los cuales incluyen perales, ciruelos, duraznos, nectarinos, almendros, cerezos, nogales, etc, que se cultivan actualmente en el área del Proyecto, y que tienen un mercado de exportación en diversas formas (fruta fresca, fruta deshidratada, nueces, conservas, concentrados, pulpas, etc), previéndose un incremento de las áreas de todos ellos como resultado del Proyecto.

### 4.2.2 Frutales de hoja persistente

Los frutales de hoja persistente considerados para el área del Proyecto son los que ya se cultivan allí, cítricos (limones y naranjas) y paltos. Algunos otros como chirimoyas y mandarinos se adaptan bien al área, pero sus extensiones no se prevé que puedan llegar a ser importantes. Debe hacerse notar, sin embargo, que las condiciones microclimáticas prevalecientes en la zona 1 del Proyecto no la hacen recomendable para la producción de frutales de hoja persistente (ni tampoco para uva de mesa). La producción de los frutales de hoja persistente se prevé como esencialmente para el consumo interno, aunque existen posibilidades de producción de limones y paltos para exportación, y efectivamente se han exportado limones del área del Proyecto.

Para este tipo de frutales se tomó como representativo el limón, por ser el que ocupa mayor extensión y por tener una menor rentabilidad que los paltos, a fin de no sobreestimar la rentabilidad general de esta categoría de frutales.

### 4.2.3 Viña vinífera

El cultivo de la viña vinífera es muy antiguo en el área del Proyecto, y ocupa una superficie que excede las cinco mil hectáreas. Con excepción de algunas áreas ocupadas por la variedad País, las cepas utilizadas corresponden a variedades finas que permiten la elaboración de vinos de exportación, tanto tintos como blancos. La expansión de áreas previstas se harán exclusivamente con cepas de variedades finas, aunque para efectos de la evaluación del Proyecto se considera la producción enteramente para el consumo local.

### 4.3 Cultivos anuales

#### 4.3.1 Cereales y granos

Los cereales y granos considerados en este plan son sustitutos de importación (trigo, maíz y arroz) se exceptúan de ello el frejol, que es un producto de consumo interno con exportaciones cíclicas.

##### Trigo

Este cultivo, y la cebada a la cual representa también, constituyen los cultivos anuales de invierno, propuesto para el área del Proyecto.

El cultivo del trigo se mantiene, después de ampliado el suministro de agua por la construcción del Proyecto, en dos circunstancias diferentes: la primera, integrado dentro de la rotación en fincas lecheras en suelos de la agrupación C, para establecimiento de trébol, y en suelos de la agrupación E, antes de una nueva implantación de alfalfa (duración 5 años); la segunda, como cultivo de invierno en suelos de la agrupación A, para aquellos predios bien organizados que podrán efectuar un segundo cultivo durante el verano dentro del mismo año agrícola. Este segundo cultivo debe ser necesariamente de período vegetativo corto como el del maíz precoz, el frejol y algunas hortalizas.

##### Maíz

Dentro del plan es el cultivo anual que ocupa una mayor superficie. Es un cultivo de primavera y verano, bien adaptado a todas las zonas del Proyecto en cuyo cultivo existe experiencia de muchos años. Se siembra extensivamente a pesar de las limitaciones actuales de agua, en todo tamaño de predios y con rendimientos relativamente altos en promedio (3,8 ton/ha) y altos para los mejores productores (8 y 10 ton/ha), que cuentan con suministro de agua suficiente.

Dentro del plan propuesto, este cultivo representa las amplias posibilidades de diversificación de cultivos anuales en los suelos de buena calidad del área del Proyecto, una vez se asegure un adecuado suministro de agua para el período de verano. Circunstancias cambiantes dentro del proceso de reajuste de la agricultura chilena podrían hacer ventajosa la sustitución de parte de estas áreas asignadas a maíz, por otros cultivos ya establecidos y/o la introducción comercial de nuevos cultivos adaptables al área como por ejemplo, la soya.

Los suelos propuestos para maíz en el plan son los de la agrupación A y los más francos de la agrupación de suelo B.

##### Arroz.

Es un cultivo bien adaptado a los suelos de texturas finas del Proyecto, con amplia aceptación por los agricultores, debido principalmente a su rentabilidad, a la baja ocupación de mano de obra, y a la carencia de alternativas actuales para condiciones de suelos pesados y drenaje imperfecto.

Se propone dentro del plan para los suelos de texturas más pesadas, y con limitaciones más severas de drenaje interno y externo, bajo dos modalidades: en rotación con pastos para engorda de ganado (agrupación de suelos B) y como monocultivo en áreas específicas (localidad de El Huique, Zona III, en agrupación de suelos B, y zona de Nilahue en agrupación de suelos D, principalmente en el bloque de estos suelos ubicados entre los Esteros Lolol y Quiyahue-Nilahue).

#### Frejol

Se cultiva extensamente en el área del Proyecto. Es uno de los cultivos preferidos por los productores pequeños, particularmente por los del sector reformado en la Zona I, donde predominan los suelos livianos.

Se propone el frejol en el plan para los suelos livianos (agrupación C) y medios del Proyecto (agrupación A). Lo que se dijo sobre sustitución de áreas de maíz por otro cultivo, en circunstancias cambiantes, es válido también respecto a las áreas de frejol en suelos A. Sin embargo, en los suelos de la agrupación C, esta sustitución sería recomendable sólo por el cultivo del maní, en razón no sólo de la textura, y otras características de los suelos, sino también del tipo de explotación propuesta para su aprovechamiento.

### 4.3.2 Cultivos industriales

Los cultivos industriales incluidos en el plan son remolacha, tabaco y maravilla (girasol). Se los cultiva en el área del Proyecto en superficies relativamente restringidas, en razón de las limitaciones impuestas por la capacidad y/o demanda de las industrias procesadoras de cada uno de ellos.

El tabaco y la remolacha se los propone para cultivo en los suelos de la agrupación A, y la maravilla en suelos de la agrupación B. Los suelos disponibles para ampliar las áreas de estos cultivos son extensos.

### 4.3.3 Cultivos hortícolas

Los cultivos hortícolas considerados en el plan representan la producción comercial de hortalizas industrializables y/o de exportación, como tomate, cebolla, ajo, pimentón, espárrago, melón, etc. Los dos primeros cultivos mencionados se los utiliza aquí como representativos de la producción hortícola comercial, dentro de la cual no se contabiliza en el plan la producción en pequeños huertos caseros de hortalizas frescas para el consumo local, que pueda tener lugar en las áreas de carácter rur-urbano.

## 4.4 Cultivos forrajeros

### 4.4.1 Forrajeras de rotación corta

Estas forrajeras están representadas en el plan propuesto por trébol rosado, solo o asociado con gramíneas, para implantación como parte integral de las rotaciones en suelos de las agrupaciones B y C.

Para las rotaciones en la agrupación de suelos C se considera que el trébol se sembrará asociado con trigo, y para rotaciones en la agrupación de suelos B, que el trébol se sembrará en mezcla con ballica.

#### 4.4.2 Forrajeras permanentes

Como forrajeras permanentes se entiende aquí la mezcla forrajera (trébol ladino, ballicas, pasto ovillo, festucas en diversas proporciones) y la alfalfa, no obstante que ésta se renueva después del quinto año de implantación.

Las forrajeras permanentes se proponen para suelos de la clase 4 para riego (agrupación E), y para suelos de la agrupación de suelos D, no destinados al monocultivo de arroz. La alfalfa se destina a suelos livianos y la mezcla a suelos pesados preferencialmente. Cuando la alfalfa se destina a pastoreo, podrá mezclarse con pasto ovillo. La mezcla forrajera puede componerse de dos o tres especies.

#### 4.5 Variedades adaptadas y densidades de siembra

En el Cuadro C-5 se señalan para las especies frutales las distancias de plantación y las variedades principales adaptadas al área del Proyecto y en el Cuadro C-6 se presentan las densidades de siembra y variedades adaptadas para los cultivos anuales, praderas y mezclas forrajeras.

Cuadro C-5: Distancias de plantación y cultivares adaptados para frutales

Especie	Distancia de plantación (m)	Principales cultivares adaptados
Frutales		
Manzano <sup>(1)</sup>	6 x 4	Verde: Granny Smith Roja : Starkrimson, Starking, Richared
Uva de mesa <sup>(1)</sup>	4 x 4	Sultanina, Almería Ribier, Emperor
Limonero <sup>(1)</sup>	6 x 6	Génova, Eureka
Uva vinífera <sup>(1)</sup>	4 x 4	Blanco: Semillón, Sauvignon Tinto : Cabernet Sauvignon, Cabernet
Ciruelo	6 x 6	D'agen, para secar El Dorado, Sta. Rosa, Linda Rosa, para fresco Imperial (como polinizante)
Peral	6 x 5	Packam's Triumph, Bartlet de verano y de invierno, Winter Nelis
Naranja	6 x 6	Thompson, Washington, Valencia, algunas selecciones de Chilena
Duraznero	5 x 5	Nectarino, serie Le Grand. Conservero: Pomona, Reina Elena, Fortuna
Palto	12 x 12	Hass (guatemalteca), Fuerte (híbrido mexicano)

(1) Especie representativa, considerada para la elaboración del plan. Las densidades de plantación que resultan de las distancias señaladas son: manzano 400 árboles por ha; uva de mesa 625/ha; limonero 278/ha y uva vinífera 625/ha.

Cuadro C-6: Cantidades de semilla y cultivares adaptados para cultivos anuales, praderas y forrajeras

Especie	Semilla (kg/ha)	Principales cultivares adoptados
<b>Cultivos anuales</b>		
Maíz (siembra de octubre)	25	Tardíos: T-134; MA7; NK 560 Mediana precocidad: MA3 y MA4; NK 610; T 133
Maíz (siembra de diciembre)	25	Precoces: T 90; MA 6; NK 435
Frejol	100	Consumo interno: Tórtola Diana, Coscorrón (grano seco) Apolo, Titán, Zeus, (granado y vaina verde) Exportación: Arroz 3, Red Mexican, Black Mexican
Arroz	160	Oro, 138-1-1, Rendifén, Lonquén amarillo
Trigo	160	Pan: Aurifén, Mexifén, Toquifén, Centrifén SNA-1 Candeal: Quilafén, Candalfén 5
Maravilla	12	Tardía: Klein A Precoz: Peredovik, Armavirsky
Remolacha	15	KW Erta (mono y multigérmica)
Tabaco	0,02	Burley, Virginia
Tomate	0,50	Conservero: Roma VF, Napoli, Cal J Tardío: Ace 55 VF, Pakmor
Cebolla	2,50	Valenciana, Valenciana Sintética 14, Valenciana Platina 1 (variedades de guarda)
<b>Praderas</b>		
Alfalfa	12	Lahontan
Pasto Ovillo	20	Currie
Trébol Rosado	12	Quiñequeli
<b>Mezcla forrajera</b>		
Trébol rosado	3	Quiñequeli
Trébol ladino	3	Millay
Festuca	15	K - 31
Ballica	10	H - 1 Manawa importada

## 4.6 Rendimientos

### 4.6.1 Introducción

La obtención del nivel de rendimientos aquí proyectado provendrá del conjunto de intervenciones introducidas como resultado de la ejecución del Proyecto, las cuales modifican la dinámica actual y por consiguiente el proceso natural de desarrollo de la región.

En cuanto respecta al programa agrícola propiamente tal, estas intervenciones se tratan en el Capítulo G. Otras intervenciones condicionantes del nivel de rendimientos, tales como adecuación predial, organización, suministro y aplicación de agua para riego, se examinan en detalle en los Capítulos H y K y en el Anexo XII respectivamente.

Dado que la utilización de la tierra propuesta en el plan agropecuario se basa en las agrupaciones para uso y manejo de los suelos, y que éstas en general se concentran en bloques extensos, se estima que por no existir grandes propiedades dentro del área del Proyecto, ocurrirá una especialización de las explotaciones dentro de los siguientes grandes rubros, con las combinaciones que mejor se adapten a las circunstancias particulares del predio mismo y del productor:

- Frutales y viñas
- Cultivos anuales
- Cultivos hortícolas
- Ganadería de leche
- Ganadería de carne

Se detallan a continuación los rendimientos proyectados por unidad de superficie, con referencia a los rendimientos actuales en las zonas regadas. Tanto los unos como los otros, representan valores promedios estimados para todo el Proyecto y por consiguiente cabe suponer que una parte de los productores superarán estos valores, mientras que otros no los alcanzarán.

### 4.6.2 Frutales y viñas

Desde el punto de vista de los frutales y viñas es necesario considerar dos situaciones diferentes en relación a los rendimientos proyectados: la primera es el nivel de rendimientos mejorados de las plantaciones ya existentes y la segunda el nivel de rendimientos esperados de las nuevas plantaciones hechas de conformidad a modernos estándares tecnológicos.

La mayor densidad de árboles por hectárea en el caso del manzano, y el sistema de parronal propuesto para la uva vinífera y de mesa, además de otras consideraciones técnicas, explican el mayor nivel de rendimientos proyectado para los frutales de hoja caduca respecto a los rendimientos proyectados para los mismos frutales en las plantaciones existentes.

Para los frutales de hoja persistente, en cambio, aunque se proyecta un mejoramiento de los rendimientos actuales, no se prevén diferencias notables entre los rendimientos promedio finales de las plantaciones existentes y los de las nuevas. De una parte no hay cambios tecnológicos radicales como en el caso de los frutales de hoja caduca, y de otra parte, estarán ausentes en gran medida el estímulo ocasionado por el mayor ingreso y los estrictos estándares de calidad - y por consiguiente de producción - propios de los productos destinados a la exportación.

Respecto a las plantaciones existentes, tanto de frutales de hoja caduca como de hoja persistente, debe tenerse en cuenta que los rendimientos proyectados involucran adicionalmente un incremento natural respecto a los actuales, en razón del movimiento de los árboles jóvenes, que componen una alta proporción de las plantaciones actuales, a categorías de edad de mayor rendimiento.

En el caso de las viñas viníferas, el movimiento de vides a categorías de edad de mayor rendimiento será bastante menor, en razón de una relativamente alta proporción actual de árboles viejos.

En el Cuadro C-7 se presentan los rendimientos proyectados de los cultivos representativos en plantaciones existentes y nuevas en plena producción y los rendimientos actuales estimados, de los mismos cultivos en el área del Proyecto. En el caso del manzano y la uva de mesa los rendimientos incluyen la producción exportable y la destinada a consumo local.

**Cuadro C-7: Rendimientos proyectados de frutales y viñas en plena producción y rendimientos actuales estimados (toneladas/ha)**

	Proyectados	Actuales
<b>Plantaciones existentes</b>		
Manzano	27,5	15,0
Limonos	17,0	9,3
Uva vinífera	20,0	14,0
<b>Nuevas Plantaciones</b>		
Manzano	40,0	
Limonos	19,0	
Uva de mesa	22,0	
Uva vinífera	40,0	

## 4.6.3 Cultivos anuales y hortícolas

Los rendimientos proyectados para los cultivos anuales son relativamente conservadores, en particular para los que ocupan las agrupaciones de suelos A y B. Agricultores de avanzada en el área del Proyecto superan ya en algunos cultivos, como maíz, arroz o remolacha, los niveles de rendimiento proyectados. Los rendimientos potenciales de estos cultivos en los suelos propuestos, hacen posibles rendimientos futuros promedios de 7,0 a 7,5 toneladas de maíz por hectárea, 6,0 a 6,5 toneladas de arroz por hectárea, y 55 a 60 toneladas de remolacha por hectárea, para dar algunos ejemplos. Los rendimientos proyectados adoptan, sin embargo, niveles más bajos. El llegar a ellos a partir de los rendimientos actuales estimados será un proceso gradual con niveles intermedios, que se explica en el Capítulo G.

En el Cuadro C-8 se presentan los rendimientos proyectados y actuales de los cultivos anuales y hortícolas incluidos en el plan agrícola, señalando la agrupación de suelos considerada para cada cultivo.

El valor dado para los rendimientos actuales corresponde al promedio estimado para los diversos suelos en que actualmente se hacen los cultivos. Para los cultivos hortícolas no se señala el rendimiento actual, por no existir superficies apreciables de ellos dentro del área del Proyecto.

Cuadro C-8: Rendimientos proyectados en plena producción y rendimientos actuales de cultivos anuales y hortícolas

Cultivo	Rendimiento proyectado		Rendimiento actual
	Agrupación de suelos	ton/ha	ton/ha
Trigo	A	4,0	2,4
Trigo	C	3,5	
Maíz	A-B	6,5	3,8
Maíz precoz	A	6,0	
Frejol	A	2,5	1,5
	C	2,2	
Arroz	B	5,5	3,8
Arroz monocultivo	B-D	5,0	
Maravilla	B	2,5	1,5
Remolacha	A	45,0	35,0
Tabaco	A	1,9	1,8
Tomate	A	40,0	-
Cebolla	A	25,0	-

En el caso de la cebolla se consideró como rendimiento sólo la parte de la producción exportable, ya que al incrementarse los volúmenes de producción, la calidad no exportable tendría muy limitado valor, sólo como subproducto industrializable.

#### 4.6.4 Ganadería

Como se verá en el Capítulo G en la parte pertinente a mejoramiento y transformación de la agricultura, sólo puede esperarse un incremento significativo de la producción ganadera a partir de una ampliación del suministro de agua a los predios, que permita aumentar la capacidad de carga de las praderas. Estas constituyen la fuente principal de alimentación en las explotaciones lecheras, y proveen todos los requerimientos forrajeros de las explotaciones de engorda.

Se proyecta una producción de leche por hectárea de 6.000 litros por año, provenientes de una capacidad de carga de 2 vacas masa por ha de pastos, con producciones de 3.000 litros anuales por vaca. La capacidad genética de producción de leche del ganado existente está sin duda por encima de este nivel. El tipo de rotación propuesto para los predios lecheros (sección 5 más adelante), si bien no es complejo, implica manejo disciplinado y estricto de las explotaciones. Para estos predios se prevé suplementación de concentrados, además del uso de los residuos de los cultivos propios del predio (frejol - trigo), y el almacenamiento de excedentes de forraje de primavera.

En el Cuadro C-9 se presentan los rendimientos proyectados para la ganadería en el período de plena producción, y los rendimientos actuales estimados.

Cuadro C-9: Rendimientos ganaderos proyectados para la etapa de plena producción y rendimientos actuales estimados

Tipo de ganadería	R e n d i m i e n t o s	
	Proyectados	Actuales
<b>Lechera</b>		
Vaca masa/año	3.000 litros	1.400 litros
ha/año	6.000 litros	1.120 litros
<b>De engorda</b>		
novillo/día	0,5 Kg	0,5 Kg
ha/año	700 Kg	425 Kg

Respecto a los rendimientos de leche de la ganadería actual, debe tenerse en cuenta la baja capacidad de carga (1.2 unidades animales por hectárea), que representa menos de una vaca masa por hectárea, y el hecho de que sólo se dedican a la producción de leche un 60% de las vacas, las cuales acortan sus lactancias a unos 200 días por escasear los pastos durante el verano.

El aumento de rendimientos proyectado para la ganadería de engorda se basa en aumento de la capacidad de carga, y no en tasas superiores de aumento diario de peso. Para estas explotaciones se han tomado aquí como situación actual los estándares de rendimiento de las explotaciones organizadas, que sin duda sobreestiman la situación generalizada de esta actividad en el área del Proyecto. De otra parte, la baja rentabilidad de esta actividad no la hace particularmente atractiva por si sola, y la facilidad de entrar y salir de ella le confiere cierta inestabilidad y quizás cierto carácter de transitoriedad.

#### 4.7 Demanda de agua de los cultivos

Los cultivos invernales anuales y los permanentes (frutales, viñas y empastadas) no requieren riego durante el período comprendido entre abril y septiembre. Es decir, que el período de utilización de agua para el riego comprende aproximadamente siete meses por año. En el Cuadro C-10 se dan los valores de uso-consumo anual estimados para los diversos cultivos incluidos en el plan agropecuario.

Las tasas de riego, su distribución mensual, los umbrales de humedad, y el calendario de riego de los diferentes cultivos se presentan en forma detallada en el Anexo XII. Los problemas relacionados con las técnicas actuales de riego y las soluciones recomendadas para los mismos se exponen al tratar de los aspectos de adecuación predial (Capítulo K)

Cuadro C-10: Uso-consumo anual de los cultivos incluidos en el plan agrícola

Cultivo	Uso-consumo (m <sup>3</sup> /ha/año)
Frutales de hoja caduca	6.649
Frutales de hoja persistente	6.385
Viñas	5.970
Maíz (siembra de octubre)	5.926
Maíz precoz (siembra de diciembre)	3.545
Frejol	5.003
Arroz	8.225
Trigo	3.882
Maravilla	5.610
Rémolacha	9.250
Tabaco	5.926
Tomate	4.944
Cebolla	3.293
Alfalfa y tréboles	9.303

#### 4.8 Necesidades de mano de obra y maquinaria

En los patrones de cultivos que figuran en el Anexo XI se especifican las necesidades de mano de obra y maquinaria y época aproximada de ejecución de los diferentes cultivos considerados en el Plan de desarrollo agropecuario. En términos generales, las labores principales cuya ejecución se prevé hacer en forma manual son las siguientes: siembra de arroz, los almácigos y el transplante de tabaco y hortalizas, diversas labores relacionadas con control de malezas y plagas, abonadura en ciertos cultivos, poda, raleo y conducción de frutales y viñas, aplicación de riego y limpieza de acequias, recolección de frutas, uva hortalizas, remolacha y tabaco, así como también las labores de manejo de ganado, incluyendo ordeña. Con respecto a esta última, es posible que algunos productores prefieran mecanizarla.

Por lo que se refiere a la maquinaria agrícola, cabe señalar que su uso ya está difundido en el área del Proyecto, especialmente en las áreas regadas en las que existe un parque amplio de tractores, implementos y equipos, como también cosechadoras automotrices. Los agricultores conocen su empleo y características y existe en algunos predios equipo especializado, como el tractor para huertos frutales, el tractor viñateiro, equipos cosechadores de forraje, y nebulizadores para frutales. Merece indicarse que para efecto de los cálculos de las necesidades de maquinaria en el Anexo XI se consideró como fuente de potencia, tractores de propósito general de 75 HP, y categoría II de enganche SAE, aunque sin duda se emplearán también otros tipos, de menor y mayor potencia que la indicada.

Se propone ejecutar siempre en forma mecanizada las labores primarias y secundarias, es decir, las relacionadas con aradura, rastraje y emparejamiento de los suelos, de una parte, por la importancia que tienen para el buen establecimiento y riego de los cultivos, y de otra, por el corto período disponible para preparación de tierra y siembra si se quieren aprovechar las épocas oportunas de implantación de los cultivos anuales.

La siembra de los cereales excepto el arroz y la de empastadas se hará en forma mecanizada, como también la siembra de remolacha, frejol y maravilla. La siembra y abonadura, se harán como una sola labor mecánica, a menos que el desarrollo del cultivo lo requiera en otra forma.

Las demás labores culturales como aplicación de herbicidas, fungicidas, pesticidas, y cultivada, se mecanizarán en diversos grados según el cultivo conforme se indica en los patrones de insumos físicos que aparecen en el Anexo XI.

Se hará igualmente en forma mecánica la recolección de los cereales, del frejol y de la maravilla, así como la recolección y enfardado de los forrajes excedentes del pastoreo.

Se propone ejecutar también con maquinaria apropiada las labores relacionadas con confección de surcos, bordas y pretilles para riego.



El transporte y acarreo interpredial de insumos y productos se estimó con base en fuerza mecánica, pero es precisamente en estas actividades en ciertos predios y en el laboreo de parcelas familiares de tamaño reducido, donde puede tener cabida la utilización de fuerza animal.

#### 4.9 Otros insumos

##### 4.9.1 Semillas

Las necesidades en lo referente a semillas se especifican en los Cuadros C-5 y C-6 y en los patrones de cultivos incluidos en el Anexo XI. Como características generales cabe mencionar que el Plan prevé:

- Uso generalizado por los agricultores de semillas certificadas.
- Uso de las variedades apropiadas a cada propósito; en el caso del maíz solamente de semillas híbridas. En el caso de frutales como el manzano, utilización de porta injertos enanizantes o semienanizantes tendientes a lograr altas densidades de árboles por hectárea.
- Inoculación previa de las semillas de leguminosas y pregerminación de la semilla de arroz.
- Programación oportuna del suministro por parte de los viveros de los árboles requeridos para las nuevas plantaciones de frutales y viñas y debido control fitosanitario.

##### 4.9.2 Fertilizantes

En el Anexo XI se señalan, para los diversos cultivos, dosis indicativas para efectos de cálculo de costos basados en recomendaciones para el área del Proyecto provenientes de diversas fuentes y principalmente del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Es claro que el programa de fertilización debe fijarse con el asesoramiento de los servicios de asistencia técnica con base en análisis de suelos del predio específico, complementados por análisis foliares, cuando se trate de explotaciones de frutales.

##### 4.9.3 Herbicidas y pesticidas

Aunque para efecto de cálculos se indican en el Apéndice XI cantidades de productos específicos, tanto estos como su dosificación varían de año a año según el cultivo, las circunstancias y grado de severidad de la infestación. Corresponderá a la asistencia técnica señalar al agricultor, el producto, la dosis, la manera de aplicarlo y el momento oportuno. En frutales es especialmente crítico, tanto una adecuada cobertura por el empleo del equipo apropiado y personal debidamente adiestrado como la utilización de prácticas preventivas de control fitosanitario. Es el caso por ejemplo de prevenir mediante aspersiones la aparición de botrytis en uva de mesa.

#### 4.9.4 Preparación de la tierra

##### a) Suelos medios

La preparación y laboreo de los suelos medios del Proyecto no ofrece dificultades. En ellos se puede no sólo realizar las labores en forma eficiente, sino también reducir el número acostumbrado. En muchos casos puede, por ejemplo, iniciarse las labores de preparación de tierra a partir del empleo de la rastro off-set en vez del arado de vertederas de uso general o de discos, que son los apropiados para ellos. En estos suelos (agrupación A) pueden iniciarse las labores de preparación de tierra (para las siembras de primavera) durante el otoño, a fin de contribuir a un mejor control de malezas, desconcentrar las operaciones agrícolas de primavera y quizás mejorar las reservas de humedad en el suelo a salidas de invierno. Es claro que esta práctica no puede ejecutarse en otoño cuando el cultivo precedente es remolacha, por la prolongación de su época de recolección de acuerdo al calendario de entrega del producto a la planta procesadora. Las labores de preparación de tierra para frutales de hoja caduca deberá hacerse durante el verano y otoño ya que la plantación de estas especies se efectúa durante el período de latencia (meses de invierno), no así para los frutales de hoja persistente cuyos períodos de siembra son más amplios (hasta primavera).

##### b) Suelos pesados

La preparación y laboreo de los suelos pesados del Proyecto presentan las dificultades propias de los suelos de texturas finas. A más de requerirse mayor tiempo en la ejecución misma de las labores, la calidad de éstas depende mayormente del grado apropiado de humedad del suelo y de la utilización de equipos apropiados. El arado recomendable es el de vertederas listonadas o en su defecto el de discos. La utilización del torpedo o topo es igualmente recomendable para estos suelos.

La época de preparación para los suelos pesados es al finalizar el invierno, en el momento en que el grado de humedad sea tal que permita la mayor disgregación del prisma de suelo.

##### c) Suelos livianos

Excepto por la pedregosidad superficial de algunas áreas, los suelos livianos no presentan problemas en su laboreo. El arado más recomendable para estos suelos es el de discos. En algunos predios al ejecutarse las labores y cultivarlos debe seguirse la dirección e indicaciones dadas por el diseño del sistema de riego, a fin de evitar problemas de erosión como consecuencia de las condiciones topográficas y texturales.

## 5. ROTACIONES

### 5.1 Introducción

El aprovechamiento propuesto para las áreas del Proyecto se basa en una serie de rotaciones y/o sucesión de cultivos apropiados tendientes a lograr:

- Una explotación de los suelos, cuya intensificación y modalidad esté acorde con sus posibilidades y restricciones inherentes, a fin de conservar o mejorar sus condiciones agrícolas.
- Un espaciamiento en tiempo en la reutilización de ciertos cultivos, por razones fitosanitarias.
- Secuencias propicias a un control de malezas y plagas más eficiente y económico.
- Diversos niveles de ocupación y distribución de la mano de obra y de los requerimientos de mecanización acordes a los diversos tipos de productores y tamaño de los predios.
- Cierta grado de especialización del predio, del productor y de la mano de obra.
- Incorporación de algunos cultivos específicos restringiéndolos a áreas determinadas en razón de microclima o de infraestructura disponible.

Se tratan a continuación las rotaciones propuestas para las diversas agrupaciones de suelos del Proyecto, haciendo notar que las únicas áreas que no estarían cubiertas por dichas rotaciones son las destinadas a plantaciones de frutales y viñas, que se propone plantar exclusivamente en suelos de la Agrupación A, y que algunas modalidades de aprovechamiento a pesar de no constituir rotaciones en el sentido tradicional de la palabra continúan agrupándose aquí bajo esta denominación general.

Para efectos de las rotaciones debe entenderse que los diversos predios se encuentran en un momento dado divididos en potreros, que ocupan posiciones diferentes dentro del ciclo rotacional, y no que todos los predios o toda la superficie de un predio está por ejemplo en el año 1 del ciclo.

### 5.2 Rotaciones en suelos de la Agrupación A

Es claro que a estos suelos corresponde una amplia gama de rotaciones y de posibilidades de diversificación e intensificación, tanto actuales como futuras. En concordancia con lo anterior, se han seleccionado cinco rotaciones o modalidades de aprovechamiento para estos suelos (aunque las combinaciones posibles son innumerables) a fin de incluir diversas intensidades de utilización de mano de obra y de maquinaria que pueden satisfacer las diversas modalidades o conveniencias de los diferentes tipos de productores del área del Proyecto.

En la figura C-1 se ilustran estas rotaciones, señalando los pe-

# ROTACIONES DE CULTIVOS

## A1, A2, A3, A4, A5

### ROTACION A1

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1									MAIZ			
2									MAIZ			
3									REMOLACHA			
4									MAIZ O PAPA			

### ROTACION A2

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1									MAIZ			
2									REMOLACHA			
3									MAIZ			
4									TABACO			

### ROTACION A3

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1									MAIZ			
2									MAIZ PRECOZ			
3									MAIZ			
4									MAIZ PRECOZ			

### ROTACION A4

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1									MAIZ			
2									HORTALIZAS			
3									MAIZ			
4									HORTALIZAS			

### ROTACION A5

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1									FREJOL			
2									MAIZ			
3									MAIZ			
4									MAIZ			

ríodos recomendables de siembra y los períodos de recolección, y en el Cuadro C-11 se señala la intensidad de utilización de mano de obra y maquinaria, su interrelación y la distribución mensual de la mano de obra no especializada para 10 ha en cada una de las cinco rotaciones en suelos de la Agrupación A. Se asumen que las explotaciones pequeñas preferirán las rotaciones más intensivas en mano de obra (A2-A4), a fin de aprovechar la disponibilidad familiar, mientras las medianas y grandes tenderán a rotaciones de mediano y menor requerimiento de fuerza laboral, con diferentes modalidades de concentración o distribución, según su con veniencia. Respecto a estas rotaciones en suelos de la Agrupación A cabe hacer notar tres características:

- La eliminación de empastadas dentro del ciclo rotacional, aunque queda abierta la posibilidad de efectuar un cultivo invernal de abono verde.
- La introducción de un doble cultivo en años alternos (o en todos los años) para algunos predios o parte de ellos, pertenecientes a los agricultores mejor organizados del proyecto, a fin no sólo de obtener un mayor ingreso por unidad de superficie, sino también de utilizar en mejor forma otros recursos como maquinaria y fuerza de trabajo. Esta es una posibilidad que puede incrementarse con variantes, ya que el maíz precoz puede sustituirse por otro cultivo de período vegetativo corto. De otra parte merece recordar que un doble cultivo implica, como condiciones indispensables suelos adecuados de fácil laboreo, buena organización, y el seguimiento estricto de un calendario de operaciones, siendo especialmente crítico el corto período disponible para recolectar el primer cultivo, y preparar la tie rra y sembrar el segundo, a más de requerirse mayor control fitosanitario y de fertilidad.
- El hecho de que el maíz, como ya se dijo y debe repetirse, representa las posibilidades de diversificación del área de suelos de la Agrupación A de acuerdo a los reajustes convenientes o necesarios a lo largo del proceso de desarrollo agrícola, sus tituyendo sus áreas por otros cultivos actuales o a introducir se, apropiados para las condiciones de estos suelos y de las respectivas condiciones de clima.

### 5.3 Rotaciones en suelos de la Agrupación B

Las rotaciones propuestas para los suelos de esta agrupación reflejan las restricciones que imponen la textura del suelo, que va de franco-arcillosa a arcillosa. Para los suelos más francos se proponen las rotaciones B1 y B3, cuyos cultivos son maíz, maravilla y trébol; para los más arcillosos, arroz y trébol (rotación B2); y para aquellos con mayores limitaciones de drenaje interno y externo, monocultivo de arroz. Aún en los suelos con monocultivo de arroz no se prevé su degradación ya que por cada período de cultivo tendrán un período equivalente o mayor de descanso, y se asume que el sistema de drenaje predial funcionará adecu adamente para mantener los campos durante este período libre de encharcam iento.

Cuadro C-11 : Requerimientos de mecanización y distribución de la mano de obra en rotaciones de la Agrupación A, para 10 hectáreas (1)

Rota ción	Mano de obra	Maqui naria	Relación mano de obra/maq.	Distribución mensual de la mano de obra (jornadas)											
				Mayo	Jun.	Jul.	Agost	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Marzo	Abril
A1	329	14,6	22,5	23	20	20	23	86	13	39	28	20	30	10	17
A2	835	16,0	52,2	85	33	25	31	91	36	56	63	102	97	68	148
A3	186	19,0	9,8	5	5	-	6	18	16	31	23	29	25	11	17
A4	813	16,3	49,8	17	2	27	22	33	191	145	128	56	114	39	39
A5	177	13,4	13,2	-	-	-	-	-	14	35	36	28	33	18	13

(1) Para los mismos datos de las demás rotaciones, véase Anexo XI.

Las empastadas serán utilizadas para la engorda de ganado. Tanto el manejo del ganado lechero como la producción misma serán especialmente difíciles durante el período invernal en estos suelos, por lo cual no se les considera apropiados para explotaciones lecheras. Actualmente la engorda de ganado es la actividad ganadera realizada en las áreas con este tipo de suelos. La Figura C-2 muestra gráficamente las tres rotaciones consideradas para esta agrupación de suelos. En el Anexo XI se dan los datos relativos a necesidades y distribución de mano de obra y maquinaria.

#### 5.4 Rotaciones en suelos de la Agrupación C

Para los suelos de la Agrupación C se propone la rotación C2 (frijol, trigo, trébol, trébol, trébol) aunque la utilización C1 (alfalfa, trigo) es igualmente apropiada.

La rotación C2 corresponde esencialmente a predios de explotación lechera, donde se introducen cultivos complementarios de este tipo de explotación. De una parte se desea reducir las áreas dedicadas a empastadas y de otra los suelos de esta agrupación no son aptos para un laboreo continuo. El trigo permite abaratar el establecimiento del trébol, al sembrarlo asociado y tanto los frijoles como el trigo producen residuos aprovechables en la explotación lechera.

Otros cultivos que ocasionalmente se hacen en estos suelos en la actualidad (maíz, remolacha), no son recomendables para ellos.

En la Figura C-2, se ilustran las rotaciones correspondientes a la agrupación de suelos C y en el Anexo XI se dan los datos relativos a requerimientos y distribución de mano de obra y maquinaria.

#### 5.5 Utilización de suelos de la Agrupación D

Por sus limitaciones y dificultades de manejo los suelos de esta agrupación se propone sembrarlos con mezclas forrajeras de carácter permanente, excepto la parte de estos suelos que en la zona de Nilahue se propone utilizar en arroz como monocultivo.

#### 5.6 Utilización de suelos de la Agrupación E

Los suelos de la Agrupación E pertenecen todos a la clase 4 para riego y se propone utilizarlos en pastos permanentes, ya sea mezcla forrajera o alfalfa según la textura. La única excepción a la norma anterior consiste en utilizar con la rotación B2 (arroz, trébol), 1.685 ha netas de la zona III, pertenecientes a la subclase 4PR (suelos aptos para pastos o arroz, según la clasificación para riego).

## 6. PLAN GLOBAL

### 6.1 Introducción

El Plan Global propone el aprovechamiento agropecuario para las 145.390 ha netas que constituyen la superficie agrícola empresarial del Proyecto.

Las metas físicas generales del plan son:

- Mejorar y transformar la agricultura existente en 88.145 ha netas correspondientes al área agrícola empresarial que cuenta con infraestructura de riego en las zonas I, II y III.
- Establecer una agricultura moderna de riego en 52.330 ha netas de las zonas de Nilahue y Alcones (descontada el área rur-urbana) y en 4.915 ha netas correspondientes a las rinconadas de las zonas de riego actual.

Con base en las agrupaciones de suelos en las rotaciones y otras consideraciones tratadas se elaboró para cada zona un plan propuesto de utilización de la tierra.

Los factores edafoclimáticos definieron en gran medida las posibilidades y restricciones de cada área, las cuales entraron a ser modificadas o condicionadas por otros elementos importantes: tipo de productor predominante y suelo que ocupa, uso actual de la tierra y tendencias de desarrollo, infraestructura disponible para utilización de insumos y comercialización de productos, rentabilidad de los cultivos, metas y política regional y nacional, y recursos institucionales y organizativos.

Pueden señalarse como características generales del Plan Agropecuario las siguientes:

- Para las zonas de riego actual, propone una intensividad y modalidad de aprovechamiento agrícola y pecuario acorde con el uso racional de los diversos suelos, y con las tendencias generales de desarrollo y clima de cada zona.
- Para las zonas de nuevo riego, propone un desarrollo acorde con la capacidad productiva de sus suelos, aplicando a estas zonas la experiencia y modalidad de desarrollo de las zonas de riego actual.
- Establece límites claros de intensificación y diversificación posibles para los diversos suelos y área y por consiguiente para los diversos predios, propendiendo a una especialización de los productores y de las zonas.
- Propone aprovechar los suelos con mayor potencial (agrupación A), como primera prioridad, explotando sus amplias posibilidades, mediante un programa de fruticultura y horticultura de exportación y un programa flexible de cultivos anuales sustitutivos de importaciones.

# ROTACIONES DE CULTIVOS

## B1, B2, B3, C1, C2

### ROTACION B1

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1									MAIZ			
2									MAIZ			
3								MARAVILLA				
4									MAIZ			

### ROTACION B2

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1		TREBOL							ARROZ			
2									ARROZ			
3						TREBOL						
4						TREBOL						

### ROTACION B3

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1		TREBOL							MAIZ			
2									MAIZ			
3						TREBOL						
4						TREBOL						

### ROTACION C1

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1						ALFALFA						
2-3-4						ALFALFA						
5						ALFALFA						
6						TRIGO						

### ROTACION C2

MES AÑO	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
1		TREBOL						FREJOL				
2				TRIGO	TREBOL						TREBOL	
3						TREBOL						
4						TREBOL						

- En los suelos con restricciones más severas, propone modalidades de aprovechamiento que no pongan en peligro la conservación del recurso.

## 6.2 Criterios de asignación de áreas

La asignación de áreas por cultivo y por zona proviene como se señaló en la metodología de aplicar a las diversas agrupaciones de suelos la composición multianual de rotación correspondiente, según las particularidades de cada zona. Para esta asignación se adoptaron desde un comienzo algunos criterios de orden general que se detallan a continuación.

### a) Frutales y viñas

- Dedicar a frutales y cultivos hortícolas solamente suelos de la Agrupación A.
- En previsión de dificultades futuras de colocación de la producción no exceder de 20.000 ha las áreas dedicadas a frutales y viñas, tomadas en conjunto las áreas existentes y las nuevas plantaciones, es decir aproximadamente duplicar las áreas existentes.
- Permitir a cada una de las zonas expandir sus áreas en los rubros anteriores, pero tener en cuenta sus ventajas comparativas de suelos y clima.
- Equiparar a nivel de Proyecto las áreas de frutales y viñas, es decir, permitir una mayor expansión a los primeros en razón de mejores perspectivas de colocación externa.
- Determinar la proporción entre frutales de hoja caduca y de hoja persistente en base a su desarrollo histórico en el área del Proyecto aunque en proporción un poco inferior.

### b) Empastadas

- Dedicar a pastos la mínima área compatible con el uso y manejo racional de los suelos.

### c) Cultivos anuales y hortícolas

- Seleccionar un cultivo bien adaptado al área del Proyecto, que pueda hacerse en grandes extensiones, para representar las posibilidades de diversificación de cultivos futuros. El cultivo representativo seleccionado fue el maíz.
- Proponer una superficie hortícola que permita estructurar un programa sustancial para su introducción y desarrollo comercial.
- Dentro de los cultivos anuales zonificar y restringir en lo posible el cultivo del arroz, en razón de su alto consumo de agua.
- Determinar, para el Proyecto, las superficies en tabaco en base a los programas y crecimiento de las demanda previsto

por la Compañía Chilena de Tabacos, y la superficie en remolacha en base a la distribución proporcional de la capacidad instalada de la planta procesadora de IANSA en Curicó entre las regiones proveedoras habituales de esta materia prima.

### 6.3 Distribución de los cultivos

El plan propuesto para cada zona - basado en las rotaciones de cultivo adaptadas a cada agrupación de suelos - conduce a una caracterización o uso predominante por tipo de explotación a pesar de incluir todas las zonas componentes similares. Cada una de ellos incluye explotaciones de frutales y viñas, de diversas proporciones de cultivos anuales y de explotaciones ganaderas, aunque difiere el peso relativo de estos tipos de aprovechamiento en relación al área total de cada zona.

#### a) Zona I

La Zona I presenta aptitud para cultivos de alta rentabilidad y diversificación en una cuarta parte de su área. Por razones climáticas sólo son recomendables allí frutales de hoja caduca no afectables por heladas tempranas, como el manzano, el peral y el durazno conservero. No están indicados en esta zona los frutales de hoja persistente, ni algunos de hoja caduca como la uva de mesa. Esta última no sólo maduraría más tarde sino que se haría más difícil el control de enfermedades como botrytis y oidium durante su período de maduración, por lluvias tempranas y en Chimbarongo adicionalmente por humedad causada por la niebla. El maíz y la remolacha se adaptan bien a las condiciones climáticas de esta zona en suelos de la Agrupación A. De otra parte, predominan en la Zona I suelos superficiales y poco profundos de texturas livianas sólo recomendables para utilización con poco laboreo y a los cuales se adapta la explotación lechera. Existe ya una concentración de la producción de leche del Proyecto en esta zona y una tendencia a su expansión. En esta zona se proyecta una concentración de la producción futura de leche del área del Proyecto, que se complementa con los subproductos provenientes de la producción de remolacha, frejol, trigo y maíz propuestos para esta zona.

#### b) Zona II

Por su clima y suelos la Zona II y la de Nilahue representan el mayor potencial para la producción de cultivos de alta rentabilidad como frutales y hortalizas, y para la intensificación de cultivos anuales, ya sean los propuestos u otros. En la Zona II existe ya una actividad frutícola importante, especialmente a lo largo de las vías de comunicación, y cierto grado de organización gremial de los productores. Es de esperarse una reactivación en estas empresas como resultado del Proyecto, tanto en cuanto concierne a frutales de hoja caduca como de hoja persistente y viñas.

Se prevé igualmente en esta zona un incremento de las áreas actualmente plantadas en remolacha y tabaco, la introducción comercial de la horticultura, y de la práctica de un doble cultivo por año en suelos de la agrupación A. De otra parte se espera una reducción de las

áreas dedicadas a empastadas, y que sólo se dedicaran al cultivo del arroz áreas muy limitadas situadas al poniente de esta zona y con problemas locales de drenaje.

c) Zona III

Cerca de un 30% del área de la Zona III es apta para frutales y cultivos diversificados. La mitad de su área sin embargo por su textura pesada tiene los limitantes propios de estos suelos. Es por tradición el área arrocería del Proyecto, y este cultivo y pastos para engorda de ganado además de áreas de maíz y maravilla en las porciones de texturas más francas, constituyen las posibilidades presentes de aprovechamiento, para estos suelos.

d) Zona de Nilahue

La Zona de Nilahue representa en las áreas de nuevo riego por sus condiciones de suelos y clima un alto potencial para el desarrollo de la fruticultura, la horticultura y cultivos diversificados. Cerca de 60% de los suelos corresponden a la agrupación A en valles resguardados por montañas. Pueden plantarse en ellos frutales de hoja caduca, incluida uva de mesa y frutales de hoja persistente. Todos los cultivos previstos para el área del Proyecto pueden cultivarse con éxito en la Zona de Nilahue una vez provista de riego. No se programa remolacha ni tabaco, para esta zona sólo por las restricciones de demanda de estos productos, a más del sobrecosto de transporte en el caso de la remolacha. La Zona de Nilahue presenta en una cuarta parte de sus suelos condiciones restrictivas de textura y drenaje que hacen recomendable su dedicación al cultivo del arroz. En los suelos que, para su conservación, deben destinarse a empastadas se recomienda desarrollar preferencialmente la ganadería de leche, en razón de su carácter de permanencia, de su mayor distribución y mayor demanda de ocupación de la mano de obra, además de su mayor rentabilidad en relación a la engorda.

e) Zona de Alcones

La Zona de Alcones es sin duda la que presenta mayor heterogeneidad en razón de sus suelos. Se ha propuesto un desarrollo similar al de otras zonas según las agrupaciones de suelos presentes. Sin embargo dado que será la última área en incorporarse al riego se podrá no sólo aprovechar la experiencia de desarrollo de las otras zonas, sino también incrementar la proporción de cultivos de alta rentabilidad si fuere del caso.

#### 6.4 Distribución del área por cultivos

En el Cuadro C-12 se presenta la distribución por cultivos y por zonas del Plan Global de desarrollo agropecuario.

Es de señalar que el hecho de haberse definido áreas exactas por cultivo para cada una de las zonas, no debe entenderse como una norma rígida para cada una de ellas, sino como un programa racional y una guía para el desarrollo inmediato. Asimismo debe recalcar que el maíz re-

Cuadro C-12: Áreas por cultivo y por zona - Plan Global (hectáreas netas)

Zona	Área neta	Frutales hoja caduca	Frutales hoja persistente	Viñas	Mafz	Mafz precoz	Frejol	Arroz	Trigo	Mara-villa	Remolacha	Tabaco	Hortalizas	Alfalfa	Trébol rosado	Mezcla forrajera
I	34.475	1.600	0	1.600	6.885	-	3.790	-	4.540	870	1.420	-	-	4.265	7.575	1.930
II	31.115	2.695	1.155	3.850	10.190	510 <sup>(2)</sup>	385	750	895	1.000	1.300	1.300	1.000	-	4.600	1.995
III	27.470	1.435	615	2.050	5.330	-	1.555	8.355	530	750	-	-	-	-	3.410	3.440
Subtotal	93.060	5.730	1.770	7.500	22.405	510 <sup>(2)</sup>	5.730	9.105	5.965	2.620	2.720	1.300	1.000	4.265	15.585	7.365
%	100	6,2	1,9	8,0	24,1	-	6,2	9,8	6,4	2,8	2,9	1,4	1,1	4,6	16,7	7,9
Ñilahué	26.110	1.225	525	1.750	8.390	-	3.210	4.000	1.060	-	-	-	1.500	810	1.835	1.805
%	100	4,7	2,0	6,7	32,1	-	12,3	15,3	4,1	-	-	-	5,7	3,1	7,1	6,9
Alcones <sup>(1)</sup>	26.220	525	225	750	5.995	-	3.525	-	2.505	195	-	-	1.000	2.560	4.105	4.835
%	100	2,0	0,8	2,9	22,9	-	13,4	-	9,6	0,7	-	-	3,8	9,8	15,7	18,4
<b>T o t a l</b>																
Proyecto	145.390	7.480	2.520	10.000	36.790	510	12.465	13.105	9.530	2.815	2.720	1.300	3.500	7.635	21.525	14.005
%	100	5,1	1,7	6,9	25,3	-	8,6	9,0	6,6	1,9	1,9	0,9	2,4	5,3	14,8	9,6

C-44

(1) Incluye 1.605 ha netas aledañas a las zonas II y III, pero dependientes para su suministro de agua para riego del sistema Yáquil - Cañetenes.

(2) Área sembrada en un doble cultivo por año (trigo - mafz precoz).

presenta más que áreas dedicadas a este cultivo, las posibilidades de diversificación en circunstancias cambiantes. Es así por ejemplo, que una expansión de la capacidad de la planta procesadora de remolacha en Curicó, o una reducción de las áreas sembradas por los proveedores habituales de dicha planta pueden significar incrementos de las áreas propuestas para este cultivo en el presente plan. En este sentido, el plan tiene flexibilidad para adaptarse a condiciones cambiantes, que justifiquen la sustitución del maíz u otro de los cultivos típicos por un cultivo similar pero más ventajoso o más apropiado.

El plan presentado más arriba no explota todo el potencial de la región, dejando un amplio margen de crecimiento futuro, en los suelos de las clases 1 y 2 para riego (agrupaciones A y B), que constituyen cerca de 60% del área neta agrícola comercial total. De una parte, en los suelos medios pueden incrementarse las áreas dedicadas a fruticultura y horticultura, diversificarse las áreas de cultivos anuales e incrementarse los rendimientos, como también ampliarse sustancialmente las áreas con doble cultivo, y de otra parte en los suelos pesados pueden sustituirse áreas destinadas a empastadas por cultivos anuales apropiados para suelos de texturas finas y aumentarse los rendimientos propuestos. Conviene, sin embargo, que tanto los organismos rectores del desarrollo del Proyecto, como los agricultores mismos tengan en cuenta los criterios utilizados en la selección de los cultivos para las diferentes condiciones edafoclimáticas de las diversas áreas, y el nivel de intensificación propuesto, de tal manera que el desarrollo finalmente consulte las posibilidades reales del área en las cuales se basa este plan. Especial cuidado deberá prestarse a que los productores no sobreestimen la capacidad de aprovechamiento de suelos con restricciones severas, a la luz del éxito de productores que explotan mejores suelos.

En el caso de las áreas que se incorporarán al riego en las fases más avanzadas del Proyecto (Etapa II) es obvio que el plan de utilización de la tierra tiene sólo un carácter indicativo, en especial en lo relacionado con el aprovechamiento de los suelos de mayor potencial, ya que los más restringidos continuarán ofreciendo alternativas limitadas. No cabe pronosticar a largo plazo cual será la evolución de los mercados externos para frutas y hortalizas chilenas, ni cual será el grado de desarrollo de las agroindustrias, y de la tecnología. En todo caso, puede considerarse que el uso proyectado aquí subestima apreciablemente las posibilidades futuras dichas.

## 6.5 Producción prevista por rubros y destino de la misma

### 6.5.1 Frutales y viñas

El Plan Global prevé que en estos rubros se efectuará lo siguiente:

- Mejoramiento de los rendimientos y de la productividad de 9.305 ha de plantaciones de frutales y viñas existentes.
- Implantaciones de 10.695 ha de frutales y viñas adicionales, las cuales incluyen también renovación de una parte de las plantaciones existentes en las zonas de secano.

- Renovación de todas las áreas de frutales y viñas al finalizar su vida útil.

El área de frutales y viñas correspondería, entonces, a un total de 20.000 ha o un 13,7% de la superficie global del Proyecto, de las cuales 15.000 ha se localizarían en las zonas de riego actual y 5.000 ha en las zonas de Nilahue y Alcones.

La producción de los frutales de hoja caduca, especialmente uva de mesa, manzanas, peras, ciruelas, duraznos y nectarinos, se destinará a la exportación, mientras que la producción de los frutales de hoja perenne como cítricos y palta se destinará al igual que la uva vinífera al mercado interno. Sin embargo, existen posibilidades de exportación para algunos de estos últimos productos del Proyecto.

Por lo que se refiere a la comercialización de los rubros principales de producción del Proyecto, es decir la fruticultura y horticu-  
lta, debe señalarse que la disposición de sus productos escapen al tratamiento que pueda darse a productos de exportación no perecederos o de consumo interno. Es decir, que la comercialización de estos productos en el exterior, y los mecanismos necesarios para su manejo desde el huerto del producto hasta su embarque a mercados externos, deben encuadrar dentro del marco de un esfuerzo bien concebido y ejecutado, de nivel nacional, con base en la iniciativa privada pero con el apoyo riguroso y la coordinación requerida por parte del Estado.

#### 6.5.2 Cultivos hortícolas

Se propone la introducción de un programa de producción de cultivos hortícolas en un área total de 3.500 ha o un 2,4% de la superficie global, correspondiendo 1.000 ha a las zonas de riego actual y 2.500 a las zonas de nuevo riego.

Se prevé que la producción de estos cultivos se destinará principalmente a la exportación, y en parte a procesamiento industrial local.

#### 6.5.3 Cultivos anuales

El plan prevé que se dedicarán a la producción de cultivos anuales un total de 78.725 ha o un 54,2% de la superficie global. Con excepción del trigo, que es cultivo de invierno, todos los demás cultivos anuales se realizarán con riego durante el período primavera-verano. Se prevé la supresión de empastadas en las rotaciones efectuadas en los suelos de la Agrupación A, y la introducción de un segundo cultivo por año en algunas explotaciones con estos mismos suelos, después de trigo o cebada. El maíz, es el cultivo que ocupa mayor superficie en el plan pero según se ha dicho representa realmente las amplias posibilidades de diversificación de los buenos suelos del Proyecto. El arroz que se propone zonificar concentrándolo en suelos de la Agrupación D en Nilahue y de la Agrupación B en la zona III, obedece a dos modalidades: en rotación con empastadas y como monocultivo. Las áreas de cultivos industriales como maravilla, tabaco y remolacha se ven limitadas por la demanda interna restringida de los dos primeros, y la capacidad de la planta de procesamiento

de remolacha relacionada a sus proveedores habituales.

Los cultivos anuales previstos son todos sustitutos de importación, excepto de frejol que se exporta esporádicamente.

#### 6.5.4 Ganadería

El área propuesta para ganadería en el Proyecto corresponde a 43.165 ha de empastadas, o un 29,7% del área total de la cual aproximadamente dos terceras partes se propone destinar a la producción de leche y una tercera parte a la producción de carne. De una parte bajo las condiciones del Proyecto la producción de leche aparece como una actividad más rentable que la engorda, además, de proveer mayor ocupación uniformemente distribuida, y de otra por su carácter de permanencia las explotaciones lecheras constituyen una mayor garantía de salvaguardia de los suelos con restricciones para su conservación.

Tanto la leche como la carne son productos sustitutivos de importaciones.

#### 6.6 Valor de la producción total

En el Cuadro C-13 se presenta el valor bruto de la producción del Proyecto. A los fines de comparación se incluyen en el mismo cuadro el valor estimado en la situación actual del Proyecto.

Según se observa en el cuadro el valor bruto de la producción implica un incremento considerable sobre los valores correspondientes a la situación actual, como resultado de intensificación del uso de la tierra en las zonas de riego actual, y de la incorporación de poco más de 57.000 hectáreas de nuevo riego. El valor bruto de la producción por hectárea pasa de PUS\$ 452 a PUS\$ 1.515. En el Capítulo M se presenta un examen económico del Plan Global.

Cuadro C-13: Valor bruto de la producción en pleno desarrollo del Proyecto

R u b r o s	Situación actual				Proyecto global			
	Area		Valor		Area		Valor	
	ha	%	millones PUS\$	%	ha	%	millones PUS\$	%
Frutales y viñas	9.560	7	12,8	19	20.000	14	63,2	29
Cultivos anuales y hortícolas	55.950	38	40,1	61	82.225	56	105,9	48
Ganadería	79.880	55	12,9	20	43.165	30	51,4	23
<b>Total</b>	<b>145.390</b>	<b>100</b>	<b>65,8</b>	<b>100</b>	<b>145.390</b>	<b>100</b>	<b>220,5</b>	<b>100</b>

## 6.7 Demanda de agua para el Plan Global

La demanda de agua para riego del conjunto del Proyecto, discriminada por meses y por zonas se presenta en el Cuadro C-14. Los datos que figuran en el cuadro han sido calculados suponiendo una eficiencia predial del riego de 55% que es la adoptada para la etapa final del Proyecto, aunque en las etapas iniciales se supone que la eficiencia será menor, aumentando gradualmente hasta alcanzar la cifra indicada. Los detalles de los cálculos pertinentes aparecen en el Anexo XII. El cálculo del balance de aguas del Proyecto se da en el Capítulo D.

## 6.8 Requerimientos de mano de obra

En el Cuadro C-15 se muestra una estimación de la utilización actual y futura de mano de obra en el conjunto del área del Proyecto. Aunque las cifras referentes a demandas futuras de mano de obra tienen sólo el carácter de una estimación indicativa, permiten afirmar que la puesta en práctica del Proyecto incrementará notablemente la demanda de mano de obra, lo que tendrá por efecto la generación de un número considerable de empleos en el sector agrícola, parte de su efecto directo sobre otros sectores.

Cuadro C-14: Estimaciones de utilización de mano de obra actual y futura (miles de jornadas)

Actividad	Situación actual			Situación futura	
	Área neta (ha)		Jornadas (miles)	Área riego (ha netas)	Jornadas (miles)
	Riego	Secano			
Frutales y viñas	8.600	960	808,0	20.000	2.436,6
Cultivos anuales y hortícolas	46.215	9.735	1.385,8	82.225	2.650,9
Ganadería <sup>(1)</sup>	38.245	41.635	649,4	43.165	1.198,5
<b>Total</b>	<b>93.060</b>	<b>52.330</b>	<b>2.843,2</b>	<b>145.390</b>	<b>6.286,0</b>

(1) En la situación actual, el número de jornadas estimadas para ganadería incluye manejo de ganado y mantención de empastadas; en la situación futura, sólo manejo de ganado, ya que en este último caso las jornadas de mantención de praderas se calcularon conjuntamente con las de cultivos anuales en base a rotaciones.

Es de señalar que el desarrollo de las actividades previstas en el Plan Agropecuario implica cierto grado de especialización por rubros y una consiguiente base de estabilidad para por lo menos una parte de la mano de obra. Así por ejemplo, las explotaciones de carácter más permanentes: fruticultura, vitivinicultura y ganadería de leche requieren mano de obra con conocimientos específicos, a la que proveen ocupación durante el período invernal. Quedarán, sin embargo, concentraciones inevi-

Cuadro C-15: Demanda de agua para riego del conjunto del Proyecto en la etapa final (miles de m<sup>3</sup>)

Z o n a	Area neta a regar (ha)	Sep	Oct	Nov	Díc	Ene	Feb	Mar	Abr	Total
Zona I	35.145	15.009	45.580	65.504	86.944	93.595	65.745	34.329	18.862	425.568
Zona II	32.360	4.811	35.100	61.865	88.013	91.760	65.433	25.929	13.129	386.040
Zona III	28.035	5.627	48.127	56.773	78.733	86.944	59.305	18.611	10.687	364.847
Nilahue	26.200	4.542	37.996	48.102	69.555	74.558	50.035	13.073	7.444	305.305
Alcones	26.290	10.565	33.589	48.709	69.276	71.351	49.738	24.904	14.718	322.850
T o t a l	148.030 <sup>(1)</sup>	40.554	200.392	280.953	392.561	418.208	290.256	116.846	64.840	1.804.610

(1) Incluye las áreas rur-urbanas

tables de demanda de operarios agrícolas durante las temporadas de recolección de productos anuales y frutas.

## 6.9 Asistencia técnica

Cabe destacar la importancia de la asistencia técnica para el desarrollo del plan propuesto. Los aspectos de asistencia técnica reciben tratamiento separado en el Capítulo K junto con los de crédito. Especial importancia debe recibir la capacitación de los productores provenientes del proceso de reforma agraria, por su insuficiente experiencia en el conjunto de funciones propias del pequeño empresario agropecuario.

Igualmente fundamental para el desarrollo del Proyecto dentro del marco propuesto lo constituye la prestación de asistencia técnica especializada en frutales y viñas, respaldada por una investigación continua en aspectos específicos de la producción, y con el apoyo de servicios especializados complementarios como análisis foliar y de suelos. Conviene asimismo introducir programas de adiestramiento para la mano de obra en las distintas labores propias de la fruticultura y citricultura para la producción, como poda, raleo y riego.

## Capítulo D

### DISPONIBILIDAD DE AGUA

## I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. DEMANDAS DE AGUA	4
2.1 Generalidades	4
2.2 Requerimientos hídricos de los cultivos	4
2.3 Eficiencia a nivel predial	5
2.4 Resumen de las demandas hídricas a nivel predial	5
3. RECURSOS DE AGUA	8
4. BALANCE DE DISPONIBILIDAD DE AGUA Y DEMANDAS HIDRICAS	10
4.1 El modelo de simulación	10
4.2 Proyecciones de disponibilidad de agua en la Etapa I	12
4.3 Proyecciones de disponibilidad de aguas para el Plan Global	14
5. PRONOSTICOS HIDROLOGICOS EN RELACION AL MANEJO DE LOS RECURSOS	17

## C U A D R O S

D-1 Superficies de riego	6
D-2 Demandas hídricas - volúmenes totales	7
D-3 Resumen de resultados de las pruebas de sensibilidad - Etapa I	14
D-4 Resumen de resultados de las pruebas de sensibilidad - Plan Global	15

## D. DISPONIBILIDAD DE AGUA

## 1. INTRODUCCION

El Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo, que vienen sirviendo hace muchos años como fuentes principales de agua para el riego del área actualmente bajo canal, tienen caudales anuales medios que superan las demandas. Sin embargo, la distribución y disponibilidad de estos recursos no coinciden con las necesidades del crecimiento de los cultivos. De las 90.625 ha netas actualmente bajo canal, solamente unas dos terceras partes cuentan con una seguridad de 85%. Ello se debe a que el sistema de distribución del área bajo canal se desarrolló en el pasado en forma espontánea, sin atender a la planificación de los recursos hídricos.

Existe, sin embargo, la posibilidad técnica y económica de solucionar el problema de los recursos hídricos faltantes, tanto para conseguir una seguridad de abastecimiento adecuada en las áreas actualmente bajo canal, como también para regar las amplias áreas nuevas incluidas en el programa del desarrollo.

Cuatro son las fuentes principales que podrían proporcionar recursos hídricos adicionales para el Proyecto:

- a) Almacenamiento de los recursos hídricos sobrantes de los ríos y esteros del área del Proyecto, en el invierno o en la primavera, cuando las demandas hídricas de los cultivos son inferiores a los caudales de los ríos.
- b) Trasvase de recursos sobrantes de cuencas vecinas.
- c) Racionalización de uso de los recursos hídricos que abastecen actualmente el área del Proyecto.
- d) Aprovechamiento de aguas subterráneas.

Ahora bien, al planear el futuro desarrollo de recursos hídricos adicionales conviene tener presente dos consideraciones fundamentales. La primera es la de que ninguna de las fuentes antes indicadas bastaría por sí sola para solucionar el problema, asegurando una disponibilidad de agua adecuada para el mejoramiento y ampliación del Proyecto. La segunda consideración es la de que los caudales sobrantes se encuentran en los ríos fuera de la temporada de riego y por lo tanto se requiere su almacenamiento en un embalse de gran envergadura, para posibilitar su entrega durante el período de crecimiento de los cultivos.

A continuación se examinan las cuatro posibles fuentes de agua arriba mencionadas.

## a) Almacenamiento

No se encontró un sitio adecuado para almacenamiento en el Río Tinguiririca. El sitio más apropiado para almacenar los recursos sobrantes de los ríos y esteros se localizó en el estero Chimbarongo, en una angostura próxima al pueblo de Con -

vento Viejo, del cual toma su nombre el embalse propuesto. La construcción de la presa de Convento Viejo es parte integrante del plan de desarrollo.

b) Trasvase

El cauce del Río Tinguiririca en su parte alta y el del Río Teno están a niveles más elevados que el cauce del Estero Chimbarongo, lo que facilita el trasvase de los sobrantes de ambos ríos hacia el embalse de Convento Viejo, para mejorar el aprovechamiento de esos recursos a través de su almacenamiento.

La desviación de los recursos sobrantes del Río Teno en el sur de la cuenca del Proyecto ya se ha efectuado, mediante la construcción del canal Teno-Chimbarongo con una capacidad de  $65 \text{ m}^3/\text{seg}$ , de los cuales  $40 \text{ m}^3/\text{seg}$  están destinados al Proyecto Convento Viejo y los  $25 \text{ m}^3/\text{seg}$  restantes, a la estación hidroeléctrica de Rapel. Además, existe en el Río Teno una reserva de  $8,5 \text{ m}^3/\text{seg}$  para áreas potenciales de riego en la propia cuenca del Río Teno, reserva que no ha sido considerada en el análisis, pero que eventualmente podría ser desviada también hacia el Proyecto Convento Viejo.

La desviación de los sobrantes del Río Tinguiririca tiene importancia para asegurar la disponibilidad de recursos hídricos, especialmente para las áreas incluidas en el Plan Global y que no figuran en la Etapa I. Por lo tanto se ha previsto un canal de desviación de  $40 \text{ m}^3/\text{seg}$  como parte del programa de desarrollo del Proyecto en el marco del Plan Global.

c) Racionalización del uso del agua

Una fuente de agua potencial, de gran importancia, consiste en la conservación y racionalización del uso de los recursos de los ríos Tinguiririca y Chimbarongo, con sus afluentes ya utilizados en el área actualmente bajo canal. Se crearía así una disponibilidad adicional de agua, merced a una eficiencia de riego más elevada que la presente. La eficiencia actual es baja, lo que influye en las posibilidades de tecnificación de los cultivos y en sus respectivos rendimientos como también en la disponibilidad de agua. Aún cuando existe, por razones hidrogeológicas, una eficiencia relativamente alta del aprovechamiento de los recursos hídricos a nivel de cuenca, según se expone en el Estudio de Aguas Superficiales (Anexo III), la reducida eficiencia de riego a nivel predial resulta en pérdidas considerables de agua fuera del sistema. Este hecho ha sido comprobado a través de los análisis de sensibilidad del modelo hidrológico.

Debe subrayarse, asimismo, que el trasvase del Tinguiririca Alto hacia la represa de Convento Viejo, mencionado en el párrafo anterior y que tiene gran importancia para la disponibilidad de agua en el marco del Plan Global, está ligado también a los excedentes que se producirán en el Tinguiririca en caso de mejorarse la eficiencia del riego en las zonas servidas por ese río.

## d) Aguas subterráneas

Los recursos subterráneos existentes en la cuenca del Proyecto tienen una importancia marginal para el riego, debido a su limitada capacidad de suministro (Anexo IV). Más aún, las aguas subterráneas están estrechamente vinculadas con las superficiales y las pérdidas de una u otra de estas fuentes se recuperan posteriormente en otros sitios del área. Por lo tanto se puede considerar a los recursos de agua subterránea como una fuente adicional solamente en las áreas limítrofes, en las cuales esos recursos se pierden fuera del sistema hídrico del Proyecto.

No obstante sus limitaciones, los recursos hídricos subterráneos pueden cumplir funciones importantes de abastecimiento de agua en el Proyecto. Ante todo, los recursos subterráneos deben utilizarse para suministro de agua potable. Se estima que para el año 2.020 el consumo doméstico e industrial alcanzará un total de 30 millones de  $m^3$  por año. Los recursos subterráneos, que según la evaluación efectuada como parte del presente estudio son suficientes para abastecer dicha cantidad en su totalidad, constituyen la fuente más adecuada del punto de vista técnico y económico para abastecer la demanda futura de agua potable.

Las aguas subterráneas podrían solucionar, también, problemas locales, una vez que esta fuente sea investigada de manera más profunda con base en datos más confiables. La zona de Nilahue, por ejemplo, incluye soluciones de bombeo para las áreas más lejanas, (Capítulo E) siendo estas soluciones más económicas que una conducción por canales principales de mayor elevación, que dominarían tales áreas por gravedad. Una solución alternativa, aún más económica que el bombeo propuesto para el tramo final de los canales, podría ser la utilización de los recursos subterráneos de Nilahue.

## 2. DEMANDAS DE AGUA

### 2.1 Generalidades

Las demandas hídricas para el riego de cada zona del Proyecto son función de cuatro factores básicos. El factor primario es el uso-consumo de los cultivos o de las rotaciones de cultivos. Para los cálculos de las demandas hídricas del Proyecto el uso-consumo se ha considerado como un factor prácticamente constante, que depende del estado de desarrollo de los cultivos, en las condiciones climatológicas propias del sitio de cultivo. El segundo factor de importancia es la eficiencia de aplicación a nivel de predio. El uso-consumo, dividido por la eficiencia de aplicación, define los requerimientos de agua a nivel predial. Esa eficiencia es un factor variable, que depende en alto grado de la preparación de la tierra y la tecnología del regante. Como tercer factor deben considerarse las pérdidas en los canales de conducción, desde la fuente de suministro hasta la entrega a la parcela. Las pérdidas en los canales son relativamente fijas y son función de la longitud de los canales de conducción, el material de construcción, sin o con revestimiento, sección del canal (perímetro mojado) tipos de suelos cruzados los canales y el nivel freático de los aguas subterráneas. El cuarto factor que determina los requerimientos de agua para riego, es el reuso de los sobrantes del riego en cada zona. El reuso, se define como la recuperación de los sobrantes de riego de las partes altas de cada zona en los canales y esteros utilizados como fuente de riego en las partes bajas. El factor de reuso es variable para cada zona y se ha estimado según el tamaño, la topografía y la forma de cada zona.

A continuación se tratan en detalle solamente las demandas hídricas a nivel predial, definidas por el uso-consumo y la eficiencia de aplicación de riego en el predio. Las pérdidas en los canales y el reuso de los sobrantes de riego serán tratados en relación con el modelo de simulación en la Sección 4 de este Capítulo.

### 2.2 Requerimientos hídricos de los cultivos

No existen antecedentes de experimentación o experiencias en el Proyecto como para definir con certeza las demandas hídricas de los cultivos que se riegan en la actualidad o que se regarán en el futuro. Por esta razón, se acudió a fórmulas empíricas cuyos parámetros constitutivos no solo tuvieran registros confiables y continuos durante un período suficiente de años, sino que también pudieran reflejar las características del clima mediterráneo, con sequía prolongada, típico del área del Proyecto. Teniendo en cuenta que las estadísticas térmicas eran las más extensas y confiables, se decidió utilizar la fórmula de Blaney y Criddle corregida por Phelan. Una vez definidas las demandas hídricas para cada cultivo, se han calculado las demandas hídricas totales para cada zona del Proyecto, con base en las rotaciones de cultivos propuestas en el Plan Agrícola (Capítulo C).

Una descripción detallada de los cálculos de uso-consumo para cada cultivo y el resumen para toda el área según el plan agrícola se encuentra en el Anexo XII.

### 2.3 Eficiencia a nivel predial

Las demandas hídricas a nivel de predio se definen por el uso-consumo de los cultivos o la rotación de cultivos, dividido por la eficiencia de aplicación que se puede conseguir a través de la preparación de la tierra y la técnica de riego aplicada.

Una elevada eficiencia a nivel predial tiene dos proyecciones importantes en relación con el desarrollo del Proyecto. En primer lugar, implica una alta tecnificación del riego, precondition para lograr una agricultura moderna y exitosa. En segundo lugar, una buena eficiencia a nivel predial supone una racionalización del uso de los recursos del agua disponibles, lo que crea la posibilidad de mejorar el suministro a las áreas actualmente bajo canal y ampliar el riego a áreas nuevas, sin necesidad de inversiones adicionales. En vista de la importancia de asegurar una eficiencia elevada a nivel de Proyecto, tanto para la tecnificación de la agricultura como para la racionalización del uso de los recursos hídricos, está claro que una gran parte del mejoramiento de las áreas bajo riego debe culminar en un mejor manejo y aplicación de los recursos hídricos a nivel predial.

Las eficiencias del riego a nivel predial que se han tomado en cuenta son 50% para la Etapa I y 55% para el Plan Global. El proceso de racionalización del uso de los recursos hídricos ya aprovechados y el mejoramiento de la eficiencia del riego deben considerarse como un proceso lento, que requerirá tanto medidas legales y organizativas como un cambio en los hábitos de los regantes, hábitos que han sido adquiridos a lo largo de muchas décadas. Las eficiencias a nivel predial alcanzadas en promedio en distintos países del mundo, bajo condiciones de riego por gravedad en proyectos similares, son de 55 a 60%. Se estima que el Proyecto debe alcanzar, en promedio, por lo menos un 55% de eficiencia predial en la Etapa Final del Plan Global. Tomando en cuenta los factores anteriormente mencionados, así como el cambio de hábitos necesario y los amplios preparativos que se requerirán en el terreno, se considera que para la Etapa I, una eficiencia de 50% en promedio constituye una meta que es doble alcanzar.

### 2.4 Resumen de las demandas hídricas a nivel predial

En el Cuadro D-1 se señalan las superficies de riego incluidas en el conjunto del área del Plan Global y en la Etapa I del Proyecto.

Cuadro D-1: Superficies de riego (ha)

A r e a		Plan Global	Etapa I
Tinguiririca Alto	Zona I	36.375 <sup>(1)</sup>	36.375 <sup>(1)</sup>
	Zona II	14.095	14.095
	Zona III	360	360
	Subtotal	50.830	50.830
Tinguiririca Bajo	Zona III	8.390	8.390
Chimbarongo	Zona II	19.255 <sup>(2)</sup>	18.265
	Zona III	19.900 <sup>(2)</sup>	19.285
	Subtotal	39.155 <sup>(2)</sup>	37.550
Alcones		24.685 <sup>(2)</sup>	--
Nilahue		26.200	22.300
	T o t a l	149.260	119.070

- (1) Incluyen una diferencia neta de 1.230 ha entre las superficies de la Zona I que no usan recursos del sistema, y aquellas que sin pertenecer a la Zona I los utilizan.

El detalle es el siguiente:

Areas regadas que quedan fuera de la Zona del Proyecto

El Tambo + 2.880 ha

Areas dentro de la Zona I, que son regadas con recursos propios.

Recursos de los ríos Teno, Claro y de Los Maquis - 1.650 ha

T o t a l + 1.230 ha

- (2) A diferencia de las superficies consideradas en el programa agrícola, no se incluye en Alcones las 1.605 ha de las rinconadas abastecidas desde el canal Yaquil-Cañetén. Dichas rinconadas se incluyen en la zona de Chimbarongo.

El resumen de las demandas hídricas anuales a nivel predial para el Plan Global y para la Etapa I, a los niveles de eficiencia respectivos se presenta en el Cuadro D-2.

Cuadro D-2: Demandas hídricas - volúmenes totales (miles de m<sup>3</sup>/año)

Z o n a	Plan Global Ef = 55%	Etapa I Ef = 50%
I	428.535	471.388
II	386.040	424.644
III	364.847	401.332
Nilahue	305.305	335.834
Alcones	322.850	---
T o t a l	1.807.577	1.633.198

Nota: En las demandas hídricas no se ha considerado la demanda de agua potable, que se estima para el año 2.020 en 30 millones de m<sup>3</sup>/año, o sea menos del 2% de las demandas totales y por lo tanto no tiene mayor influencia en los cálculos globales del sistema. La mayor parte de esta demanda será abastecida con recursos subterráneos.

### 3. RECURSOS DE AGUA

La zona del Proyecto, tanto en las áreas de riego actual como en las de nuevo riego, será abastecida por tres fuentes de aguas superficiales, a saber: el Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo, que son los principales cursos de agua de la propia cuenca del Proyecto, y el Río Teno, situado más al sur, que aporta agua al Proyecto a través del canal Teno-Chimbarongo, de reciente construcción. Para evaluar las disponibilidades de agua y elaborar el balance hídrico, se han analizado los caudales mensuales de estas tres fuentes para el período de 25 años que va de 1951/52 a 1975/76. El detalle de estos caudales aparece en el Anexo III.

Los caudales del Río Tinguiririca y el Estero Chimbarongo están disponibles casi en su totalidad para el Proyecto, con la excepción del suministro de agua destinado a pequeñas áreas ubicadas fuera de los límites fijados para el Proyecto (ver notas aclaratorias al Cuadro D-1). El Río Teno entrega un total de hasta 65 m<sup>3</sup>/seg de sus caudales sobrantes al Chimbarongo, siempre y cuando sean satisfechos los derechos actuales en la cuenca del mismo río, dejando además, una reserva de 8,5 m<sup>3</sup>/seg para su futuro desarrollo; 40 m<sup>3</sup>/seg del total de los 65 m<sup>3</sup>/seg son una contribución directa al Proyecto Convento Viejo y los restantes 25 m<sup>3</sup>/seg tienen como destino la represa de Rapel.

El elemento central del sistema hídrico del Proyecto es la represa de Convento Viejo, que permitirá regular los recursos del Estero Chimbarongo, los caudales derivados del Río Teno y las desviaciones programadas desde el Río Tinguiririca. Con la construcción del embalse se definirán dos áreas con distintos sistemas de suministro de agua dentro del Proyecto: el área denominada Tinguiririca Alto (partes de las zonas I, II y III, Cuadro D-1), que será abastecida directamente por los escurrimientos naturales del Río Tinguiririca y el área que quedará dominada por el embalse Convento Viejo, y que comprenderá una parte de las zonas II y III, así como las zonas de Nilahue y Alcones.

La parte de la cuenca del Tinguiririca que quedará dominada por el embalse de Convento Viejo se designa con el nombre de Tinguiririca Bajo. Como límite entre el Tinguiririca Alto y el Tinguiririca Bajo se ha fijado el canal existente de Las Trancas. Este canal servirá para abastecer a la zona del Tinguiririca Bajo los recursos adicionales necesarios, a condición de efectuar en él algunas obras, con inversiones relativamente pequeñas. Aún cuando la represa no dominará el área del Tinguiririca Alto, el suministro de agua al Tinguiririca Bajo a través del canal Las Trancas mejorará también el suministro al área del Tinguiririca Alto al liberar para esta última zona los caudales que anteriormente debían reservarse para el Tinguiririca Bajo.

El proyecto elaborado inicialmente por la Dirección de Riego preveía la construcción de un canal desde el embalse de Convento Viejo hasta el Río Tinguiririca. Este canal habría dominado una superficie de unas 10.000 ha adicionales entre él mismo y el canal existente de Las Trancas, reduciendo así el área del Tinguiririca Alto que depende exclusivamente de los caudales naturales del río. El análisis efectuado pa-

ra determinar en que medida sería necesaria la construcción del nuevo canal y si este tendría justificación económica, se ha hecho con base en las deficiencias de agua previsibles en el área del Tinguiririca Alto, área cuyo límite se fijó según lo dicho, en el canal Las Trancas.

Otro elemento importante del sistema es el trasvase de sobrantes de aguas del Río Tinguiririca al Estero Chimbarongo, para ser almacenados en el embalse de Convento Viejo. El Tinguiririca en la Zona I domina al Estero Chimbarongo en unos 70 m. Por lo tanto, toda la superficie de la Zona I comprendida entre los dos ríos es regada por canales alimentados por el Tinguiririca, mientras que los sobrantes y aguas de retorno del riego se drenan hacia el Estero Chimbarongo. En el balance hídrico se tomó en cuenta que, además de estos sobrantes, existe la posibilidad de trasvasar sobrantes del Tinguiririca hacia el embalse de Convento Viejo. Este trasvase tiene gran importancia para el programa del Plan Global, según los resultados del modelo de simulación, analizados más adelante.

Según los resultados del análisis de aguas superficiales (Anexo III), los caudales anuales medios de los ríos que integran el sistema hídrico en el área del Proyecto son los siguientes:

- Tinguiririca junto a la entrada al área del Proyecto (según estaciones hidrométricas 11 + 12)	1.968 millones de m <sup>3</sup> /año
- Chimbarongo en Convento Viejo (régimen natural)	277 millones de m <sup>3</sup> /año
- Tenó - caudales derivados al Chimbarongo (parte correspondiente al Proyecto)	595 millones de m <sup>3</sup> /año
- Escorrentía originada en el área del Proyecto	152 millones de m <sup>3</sup> /año

#### 4. BALANCE DE DISPONIBILIDADES DE AGUA Y DEMANDAS HÍDRICAS

##### 4.1 El modelo de simulación

El tamaño del Proyecto y la relativa complejidad del sistema, debida a la interdependencia entre los numerosos factores que deben tomarse en cuenta para evaluar la disponibilidad de recursos hídricos, hacen imperativa la aplicación de un modelo de simulación. El modelo utilizado y los resultados obtenidos se describen en detalle en el Anexo III.

El modelo considera no solamente los recursos hídricos disponibles, que son adoptados por el Río Tinguiririca, el Estero Chimbarongo y el canal Teno-Convento Viejo y las demandas hídricas de las superficies cultivadas, según las áreas de influencia de cada fuente, sino que toma en cuenta, además, las relaciones internas que existen en el sistema con respecto a eficiencias, pérdidas, reuso, transferencia de una zona a otra, etc. En el modelo se han considerado, asimismo, las características hidrogeológicas del área, como por ejemplo las angosturas, que se suponen impermeables. La disponibilidad de agua en los ríos y las demandas hídricas figuran en el modelo de simulación bajo la forma de caudales mensuales, los demás elementos del sistema se han expresado bajo la forma de parámetros.

El modelo hace el cálculo de la disponibilidad de agua mes por mes. para la serie histórica de 25 años de 1951/52 a 1975/76, con base en caudales reales, demandas hídricas calculadas y una serie de parámetros, aplicando ciertas reglas de operación del sistema. Un resumen de los factores y parámetros del modelo se presenta a continuación:

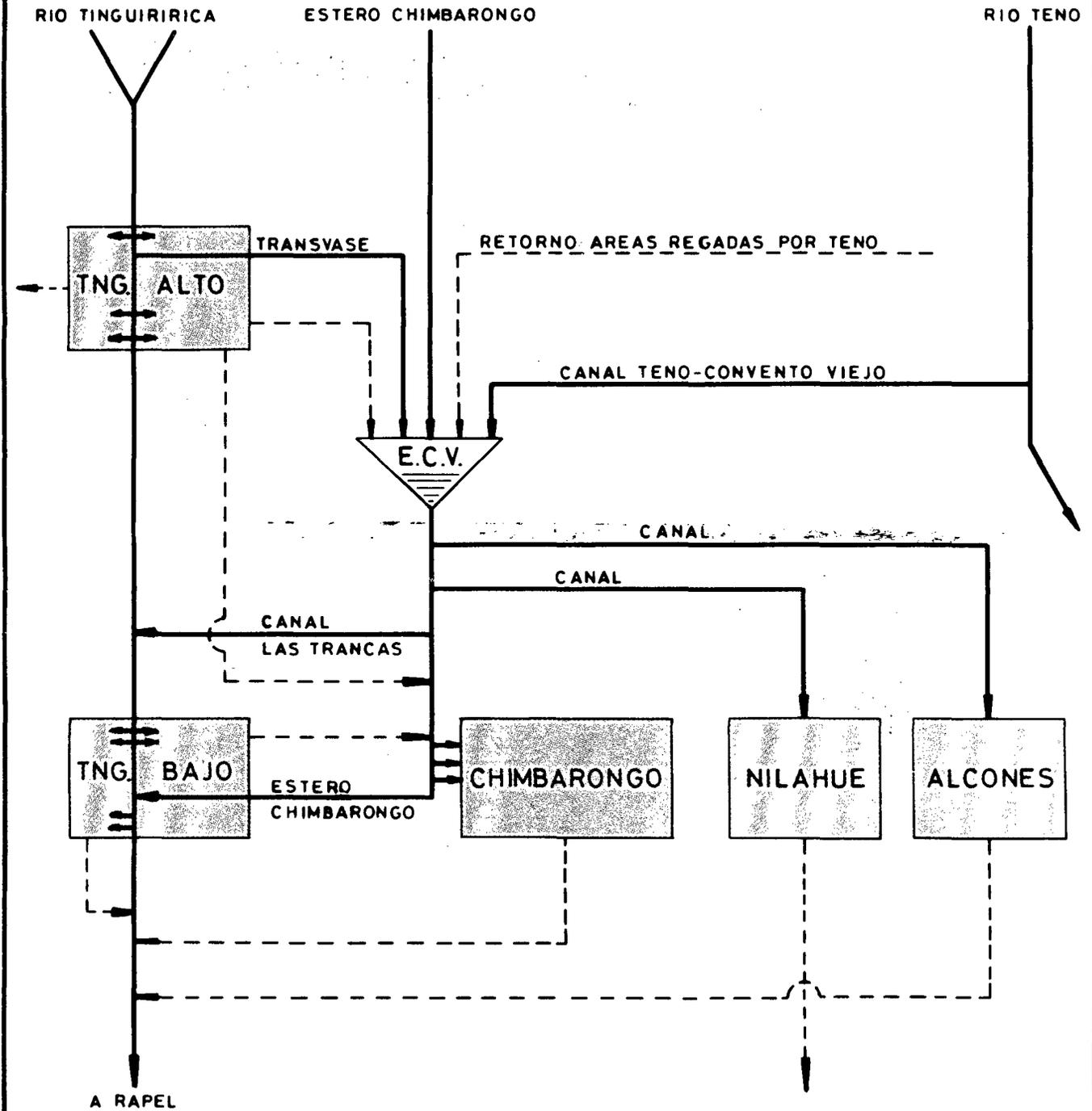
##### a) Caudales de los ríos y esteros.

Se utilizaron los caudales mensuales del Río Tinguiririca, el Estero Chimbarongo y el Río Teno, según los respectivos datos elaborados para la serie histórica de los últimos 25 años. El detalle de estos datos aparece en el Anexo III. En el caso del Río Teno, el modelo considera como primera prioridad las necesidades del propio río más una reserva de  $8,5 \text{ m}^3/\text{seg}$ , asignando para las necesidades del Proyecto Convento Viejo y la ENDESA, a través del canal Teno-Chimbarongo solamente los caudales sobrantes del río, hasta un máximo de  $65 \text{ m}^3/\text{seg}$ , de ellas  $40 \text{ m}^3/\text{seg}$  con primera prioridad para el Proyecto y  $25 \text{ m}^3/\text{seg}$  con segunda prioridad para la ENDESA. El modelo considera que todo caudal disponible para ENDESA se manda directamente a Rappel, sin almacenarse en el embalse de Convento Viejo.

##### b) Demandas hídricas

Se han calculado para cada zona del Proyecto las demandas hídricas mensuales de los cultivos, con base en las cifras de uso-consumo. La eficiencia a nivel predial se tomó como parámetro variable, facilitando así el análisis de la influencia que tiene la eficiencia sobre la disponibilidad de agua.

## REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL SISTEMA HIDRICO



### LEYENDA



EMBALSE CONVENTO VIEJO



AREAS DE RIEGO



CORRIENTES SUPERFICIALES



CAUDALES DE RETORNO

## c) Represa

Como capacidad total de la represa para la cota de diseño de 374 m.s.n.m. se adoptó la cifra de 454 millones de  $m^3$ . El modelo considera un volumen útil de 444 millones de  $m^3$ , descontando 10 millones de  $m^3$  por concepto de almacenamiento muerto.

La capacidad del embalse se consideró también como parámetro variable lo que permite analizar alternativas con capacidades mayores, de hasta 600 millones de  $m^3$  brutos (volumen útil de 590 millones de  $m^3$ , excluyendo el volumen muerto). No se ha tomado en cuenta un eventual suplemento de capacidad de la represa por almacenamiento estacional de agua en el subsuelo del embalse y sus alrededores, ya que esta disponibilidad todavía debe comprobarse a través de observaciones una vez que el embalse entre en servicio. Sin embargo, la influencia de un posible almacenamiento adicional en el subsuelo puede ser analizada por medio de las pasadas del modelo que consideran capacidades mayores de 454 millones de  $m^3$ .

## d) Trasvase Tinguiririca-Convento Viejo

El modelo considera como parámetro la posibilidad de un trasvase entre el Tinguiririca Alto en la Zona I y el embalse de Convento Viejo, contabilizándolo como un ingreso al embalse. El modelo permite analizar la disponibilidad de aguas con caudales de trasvase que varían entre cero y 80  $m^3$ /seg.

Los resultados de la simulación no indican una influencia muy fuerte de este trasvase en la Etapa I. En cambio, el trasvase tiene un efecto decisivo dentro del Plan Global.

## e) Canal Convento Viejo-Tinguiririca

No se considera el canal Convento Viejo-Tinguiririca en el modelo. El área abastecida por el Tinguiririca Alto incluye el total de la superficie regada hasta el canal Las Trancas. El análisis de la necesidad del canal Convento Viejo-Tinguiririca se hace en función de las áreas con deficiencias en el Tinguiririca Alto. Estas deficiencias corresponden al uso máximo que podría tener un eventual canal Convento Viejo-Tinguiririca, aunque el uso del canal dependerá también de las disponibilidades de agua en el embalse, ya que en años de sequías extremas se reducirían los caudales disponibles para dicho canal.

## f) Reuso de agua de riego y caudales de retorno

El modelo considera el reuso parcial de los sobrantes del riego de las partes altas de cada zona, expresado en función de las demandas hídricas y la eficiencia a nivel predial. Los sobrantes no usados de una zona se contabilizan como incremento de los recursos de los ríos o esteros receptores de otras zonas. Asimismo, el modelo descuenta como pérdida el agua no recuperada que se pierde fuera del sistema, como por ejemplo las aguas de retorno del área abastecida por el Tinguiririca Alto en la parte Norte, etc.

## g) Pérdidas en canales

El modelo descuenta en cada zona las pérdidas por infiltración en el sistema de canales principales y secundarios, calculadas como porcentaje del caudal en los canales. El porcentaje de pérdidas se ha fijado para cada zona según la longitud de los canales y las características de los suelos.

La descripción detallada de la técnica aplicada en el modelo para los cálculos de reuso de las aguas de riego y pérdidas en los canales, aparece en el Anexo III.

## h) Infiltración del Tinguiririca Alto

Se considera que no existen infiltraciones en el Tinguiririca Alto, en el tramo de la Zona I. Sin embargo, el análisis de sensibilidad se ha considerado también de la posibilidad de que haya una infiltración de hasta 3,0 m<sup>3</sup>/seg que no se recupera para uso del Proyecto.

El balance hídrico de las dos etapas de desarrollo del Proyecto se ha analizado por medio del modelo, para diferentes alternativas básicas, tomando en cuenta los valores más probables para cada parámetro. Además se ha efectuado para cada etapa un análisis de sensibilidad, haciendo variar los valores de los parámetros hacia condiciones extremas, altas o bajas. De este modo, se logra evaluar el efecto que una variación de los parámetros ejercería sobre el balance y sobre la disponibilidad de agua, y se elaboran según ello las proyecciones correspondientes con respecto al dimensionamiento de los elementos del sistema.

## 4.2 Proyecciones de disponibilidad de agua en la Etapa I

Los parámetros que se han usado para la alternativa básica de la Etapa I son los siguientes:

Eficiencia de riego a nivel predial	50%			
Trasvase Tinguiririca-Convento Viejo	5 m <sup>3</sup> /seg			
Capacidad del embalse Convento Viejo	454 millones de m <sup>3</sup> /m <sup>(1)</sup>			
Infiltración no recuperable en el Tinguiririca Alto	0 m <sup>3</sup> /seg			
	Tinguiririca Alto	Chimba Bajo	Chimba rongo	Nilahue
Constante de reuso	0,15	0,20	0,25	0,15
Constante de pérdidas de conducción	0,15	0,10	0,10	0,25

(1) El volumen útil se obtiene restando 10 millones de m<sup>3</sup> por concepto de almacenamiento muerto.

Una vez alcanzada la eficiencia de riego predial de 50%, y considerando valores promedios para los demás parámetros en las pasadas básicas del modelo, se consigue una seguridad adecuada para toda la superficie regada en la Etapa I.

La zona de Tinguiririca Alto tiene una seguridad de riego de 85%. Las deficiencias se registran sólo en cuatro años, de ellos tres con deficiencias solamente en un mes. Por lo tanto, no se justifica la inversión en el canal Convento Viejo-Tinguiririca para mejorar el riego en esta área.

En las zonas de Tinguiririca Bajo, Chimbarongo y Nilahue, áreas que son dominadas por la represa Convento Viejo, hay únicamente dos años con deficiencias, lo que presenta una seguridad de riego mayor del 85%.

En el Cuadro D-3 se presenta un resumen de las pruebas de sensibilidad de la Etapa I, efectuadas por medio de cambios en los parámetros básicos. Como indicador para la comparación se ha considerado siempre el área total con deficiencias que signifiquen una seguridad de riego menor de 85%.

Según se aprecia en el Cuadro, las áreas con seguridad menor del 85% aumentan en forma escalonada al disminuir la eficiencia predial. De ello resulta que un cambio en la eficiencia predial influye en mayor grado sobre la disponibilidad de agua que una variación cualquiera en los demás parámetros.

Variando los parámetros hacia los valores extremos que aumentarían las deficiencias, pero manteniendo constante la eficiencia predial de 50%, no se producirían deficiencias muy significativas. Así, en el caso de un reuso mínimo y pérdidas de conducción máximas, el área con deficiencias sería de 2.780 ha.

El factor de efecto más negativo, aparte de la eficiencia, sería una infiltración no recuperable de 3 m<sup>3</sup>/seg en el Tinguiririca; este factor dejaría en el Tinguiririca Alto un área de 5.590 ha con seguridad de riego menor de 85%. Sin embargo, esta es una suposición muy pesimista, que no ha quedado demostrada en el estudio hidrológico y por lo tanto no puede considerarse como un hecho definitivo, al tomar decisiones acerca de obras de ingeniería.

Al bajar la eficiencia a 45% se producen deficiencias para todas las variaciones en los parámetros, incluso para las más favorables, lo que indica el efecto primordial de la eficiencia predial sobre la disponibilidad de agua. Por lo tanto en la Etapa I debe concentrarse el máximo esfuerzo organizativo y técnico en conseguir, tan rápidamente como sea posible, la racionalización del sistema de distribución y adecuación predial, para asegurar el logro de la eficiencia necesaria de 50%.

Cuadro D-3: Resumen de resultados de las pruebas de sensibilidad - Etapa I

A l t e r n a t i v a	Areas (ha) con seguridad menor de 85%			
	Ef=40%	Ef=45%	Ef=50%	Ef=55%
A. <u>Básica</u>	17.490	6.070	0	0
B. <u>Factores que aumentan déficit</u>				
Tinguiririca-Convento Viejo: Q = 0 m <sup>3</sup> /seg	-	9.370	0	-
Reuso mínimo	-	10.300	2.780	-
Pérdidas en canales máxima	-	9.940	2.780	-
Infiltración Tinguiririca Alto: Q = 3,0 m <sup>3</sup> /seg	-	-	5.590	-
C. <u>Factores que reducen déficit</u>				
Tinguiririca-Convento Viejo: Q = 10 m <sup>3</sup> /seg	-	6.070	0	-
Reuso máximo	-	2.130	0	-
Pérdida en canales mínima	-	2.130	0	-
V embalse = 500 millones m <sup>3</sup> (bruto)	-	6.070	0	-
Uso de la reserva de Tenó: Q = 8,5 m <sup>3</sup> /seg	-	6.070	0	-

Nota: El signo - indica que no se han hecho las pasadas respectivas del modelo.

#### 4.3 Proyecciones de disponibilidad de aguas para el Plan Global

Los parámetros utilizados para la alternativa básica del Plan Global son los siguientes:

Eficiencia de riego a nivel predial	55%
Trasvase Tinguiririca-Convento Viejo	60 m <sup>3</sup> /seg
Volumen útil del embalse Convento Viejo	444 millones de m <sup>3</sup>
Infiltración Tinguiririca Alto	0 m <sup>3</sup> /seg

	Tinguiririca Alto	Tinguiririca Bajo	Chimba- rongo	Alcones	Nilahue
Constante de reuso	0,15	0,20	0,25	0,25	0,20
Constante de pérdidas por conducción	0,15	0,10	0,10	0,25	0,25

Se ha supuesto que una vez hechas las obras e inversiones en el mejoramiento del sistema actual y adecuación predial, y transcurridos unos años de adaptación a las agrotécnicas modernas de riego, será posible llegar en el Proyecto a eficiencias entre 55% y 60%.

A partir de una eficiencia de 55% (Cuadro D-4) la zona de Tinguiririca Alto tiene en todas las alternativas una seguridad de riego de 85%, aún variando los parámetros hacia condiciones negativas extremas, con la sola excepción de la alternativa con infiltraciones no recuperables de 3 m<sup>3</sup>/seg en el Tinguiririca, en la cual 1.320 ha se quedan con seguridad menor de 85% en el Tinguiririca Alto. Tomando en cuenta que resulta un área tan reducida con seguridad menor de 85% en el Tinguiririca Alto, bajo suposiciones muy pesimistas y no comprobadas, se considera que no habría justificación para incluir el canal Convento Viejo-Tinguiririca en el Plan Global.

Cuadro D-4: Resumen de resultados de las pruebas de sensibilidad - Plan Global

A l t e r n a t i v a	Areas (ha) con seguridad menor de 85%		
	Ef = 50%	Ef = 55%	Ef = 60%
A. <u>Básica</u>	12.780	7.020	0
B. <u>Factores que aumentan el déficit</u>			
Tinguiririca-Convento Viejo:			
Q = 0 m <sup>3</sup> /seg	-	28.810	24.110
Reuso mínimo	-	10.990	4.770
Pérdida en canales máxima	-	11.140	4.930
Infiltración Tinguiririca Alto:			
Q = 3,0 m <sup>3</sup> /seg	-	11.180	3.370
C. <u>Factores que reducen el déficit</u>			
Tinguiririca-Convento Viejo:			
Q = 20 m <sup>3</sup> /seg	-	7.020	0
Q = 40 m <sup>3</sup> /seg	-	7.020	0
Q = 80 m <sup>3</sup> /seg	-	7.020	-
Reuso máximo	-	1.940	0
Pérdidas en canales mínima	-	3.430	0
Embalse (capacidad bruta)			
V = 500 millones <sup>3</sup>	-	3.160	-
V = 550 millones <sup>3</sup>	-	0	-
V = 600 millones <sup>3</sup>	-	0	-
Uso de la reserva de Teno			
Q = 8,5 m <sup>3</sup> /seg	-	2.660	-

Nota: El signo - indica que no se ha hecho la pasada respectiva

Con una eficiencia de 55%, quedan todavía 7.020 ha con una seguridad de riego menor de 85% en las áreas dominadas por la represa. Al igual que en la Etapa I, el aumento en la eficiencia de riego a nivel predial reduce las áreas con seguridad de riego menor de 85%, y una vez alcanzada una eficiencia de 60% o poco menos, la cual es factible y se ha alcanzado en proyectos similares en diferentes países del mundo, todas las áreas del Proyecto tendrán una seguridad de 85 por ciento por lo menos.

El factor que más influye sobre la disponibilidad de agua para el Plan Global, aparte de la eficiencia predial, es el trasvase del Tinguiririca hacia el embalse de Convento Viejo. La eliminación del trasvase ( $Q = 0 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) tiene un efecto muy negativo sobre la disponibilidad de agua, ya que deja 28.810 ha con seguridad menor de 85% para eficiencias de 55%. Aún con una eficiencia de 60%, quedan todavía 24.110 ha con seguridad menor de 85%, en las áreas del Proyecto dominadas por el embalse. Por lo tanto, se ha considerado con el Plan Global, la construcción de un canal de  $40 \text{ m}^3/\text{seg}$  del Tinguiririca al embalse de Convento Viejo.

Tomando en cuenta que gran parte de las inversiones y esfuerzos organizativos estarán dirigidos desde un principio a mejorar la eficiencia del riego a través de un mejoramiento del sistema actual de abastecimiento de agua y adecuación predial, y considerando también que una eficiencia mejorada podría eliminar áreas con abastecimiento deficiente sin inversiones adicionales, está claro que la racionalización del sistema y el continuo mejoramiento de la eficiencia a nivel predial deberán constituir uno de los objetivos básicos del desarrollo, para asegurar así la disponibilidad de agua con seguridad del 85% en toda la superficie contemplada en el Plan Global y para lograr al mismo tiempo la tecnificación del riego, como base para el aumento de la producción agrícola.

## 5. PRONOSTICOS HIDROLOGICOS EN RELACION AL MANEJO DE LOS RECURSOS

Basándose en las características del régimen hidrológico de los ríos que proporcionan los recursos hídricos para el Proyecto, será posible pronosticar al término de la temporada de invierno (agosto-septiembre), los caudales que escurrirán en primavera y verano. Para ello, mediante técnicas estadísticas o modelos hidrológicos que utilicen los registros de precipitación y acumulación de nieve, se tendrán que estimar los recursos almacenados en la cordillera en forma de nieve, que son los que dan origen a los caudales durante la temporada de riego. En la actualidad estas estimaciones son realizadas por las instituciones públicas y se estima que los errores probables son menores del 20%. La precisión de estos pronósticos deberá ir aumentando en la medida en que se disponga de mejores antecedentes.

Pronósticos más exactos pueden ayudar a reducir los déficits en las áreas dominadas por el embalse, operando de tal forma que se disminuyan las tasas de riego en forma proporcional desde el principio de la temporada de riego, cuando ya existe conocimiento de limitaciones en la disponibilidad de agua. En la mayoría de los casos, con la excepción de años de sequías muy agudas, esta reducción influye solamente en forma limitada sobre las tasas de riego y consecuentemente sobre los rendimientos de los cultivos.

## Capítulo E

### PLAN GLOBAL DE INGENIERIA

I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION	1
2. SINOPSIS DEL PLAN GLOBAL	2
2.1 Objetivos	2
2.2 Areas del Proyecto	2
2.3 El plan propuesto	3
3. CRITERIOS Y BASES GENERALES DE PLANEAMIENTO	6
3.1 Introducción	6
3.2 Definiciones	6
3.3 Descripción de los criterios generales de dimensionamiento	6
3.4 Presupuestos y costos	10
4. EMBALSE DE CONVENTO VIEJO	13
4.1 Generalidades	13
4.2 Análisis de capacidades del embalse	13
4.3 Almacenamiento adicional	14
4.4 Construcción escalonada de la presa	15
5. OBRAS DE TRASVASE	17
5.1 Generalidades	17
5.2 Traslase Río Teno - Estero Chimbarongo	17
5.3 Canal Tinguiririca - Convento Viejo	17
6. DESARROLLO DE LAS NUEVAS AREAS BAJO RIEGO	21
6.1 Generalidades	21
6.2 Información básica utilizada	21
6.3 Canales matrices	22
6.4 Red de canales principales de Nilahue	30
6.5 Red de canales principales de Alcones	44
6.6 Sistemas de abastecimiento de agua a las rinconadas	46
6.7 Sistemas secundarios	58
7. PLAN DE MEJORAMIENTO DE LAS AREAS DE RIEGO ACTUAL	62
7.1 Definición del problema y soluciones propuestos	62
7.2 Redistribución de derechos	63
7.3 Mejoramiento del sistema existente	65
8. DRENAJE	69
8.1 Características de área	69
8.2 Información utilizada	69
8.3 Criterios básicos	70
8.4 Sistemas de drenajes existentes	71
8.5 Problemas identificados	72
8.6 Soluciones propuestas	74

9.	CARRETERAS Y CAMINOS	81
9.1	Carreteras en el área del Proyecto	81
9.2	Sistema de caminos propuesto	81
10.	OPERACION Y MANTENCION DEL SISTEMA DE RIEGO	82
10.1	Operación	82
10.2	Mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje	82

C U A D R O S

		Página
E-1	Canales considerados para el trasvase Tinguiririca-Convento Viejo	18
E-2	Comparación de alternativas del canal de trasvase Tinguiririca-Convento Viejo para la etapa final	20
E-3	Alternativas del sistema de canales matrices - características principales	26
E-4	Inversiones iniciales necesarias en los esquemas alternativos de canales matrices	27
E-5	Costos anuales de los Esquemas B y C de canales matrices	29
E-6	Zona de Nilahue - Descripción de alternativas del sistema de canales principales	35
E-7	Zona de Nilahue - Areas netas que requieren suministro de agua por bombeo para cada esquema de canales principales	36
E-8	Zona de Nilahue - Areas netas abastecidas por gravedad y por bombeo para cada esquema de canales principales	37
E-9	Zona de Nilahue - Inversiones necesarias en los esquemas alternativos de canales principales	38
E-10	Costos por hectárea de la red principal	39
E-11	Costos anuales de los esquemas alternativos de canales principales	40
E-12	Zona de Nilahue - Inversiones y costos anuales de energía para las áreas abastecidas por bombeo	42
E-13	Zona de Nilahue - Características de las áreas abastecidas por bombeo	43
E-14	Zona de Alcones - Descripción del sistema de canales principales	47
E-15	Zona de Alcones - Características de las áreas abastecidas por bombeo	48
E-16	Zona de Alcones - Inversiones necesarias en la red de canales principales	49
E-17	Zona de Alcones - Inversiones y costos anuales de energía para las áreas abastecidas por bombeo	50
E-18	Rinconadas - Descripción de las alternativas para suministro de agua	52
E-19	Rinconadas - Inversiones y costos por hectárea de las alternativas de suministro de agua	55
E-20	Rinconadas - Costos anuales de las distintas alternativas consideradas	56
E-21	Areas nuevas bajo riego - Características generales de las redes de canales secundarios	60
E-22	Canales secundarios - Inversiones necesarias y costos por hectárea	61
E-23	Hoyas hidrográficas de los principales cauces de drenaje	71
E-24	Sistemas artificiales y esteros mejorados en el área del Proyecto	73
E-25	Areas afectadas por problemas de drenaje - Zona I, II y III.	78

F I G U R A S

		Después de página
E-1	Canal de trasvase Tinguiririca-Convento Viejo. Localización, perfil y estructuras	19
E-2	Zonas de Nilahue y Alcones. Localización de alternativas y canales matrices	22
E-3	Localización de alternativas de canales princi pales en Nilahue	30
E-4	Localización de canales principales y secunda rios. Zona de Alcones	44
E-5	Localización de sistemas de suministro de agua recomendados (rinconadas)	51
E-6	Plan global - Esquema del sistema principal de ingeniería	83

## E. SISTEMAS DE INGENIERIA

### 1. INTRODUCCION

El Plan Global de desarrollo, en sus aspectos de ingeniería, tiene como objetivo el asegurar un suministro de agua regular y confiable para las necesidades de riego de las áreas incluidas en el plan de desarrollo agrícola del Proyecto Convento Viejo. El plan de ingeniería ha sido elaborado de manera simultánea e integral con el plan agrícola presentado en el Capítulo C de este informe, para lo cual se ha considerado que la infraestructura de ingeniería debe ser desarrollada a un ritmo tal que el intervalo entre la construcción de las obras y su utilización sea mínimo evitando así altas inversiones ociosas y las consiguientes distorsiones en los beneficios previstos.

Como se explica en el Capítulo D, existen recursos hídricos disponibles para suministrar agua a las áreas aptas para riego incluidas en el plan agrícola. Estas áreas incluyen la superficie considerada originalmente por la Dirección de Riego y además algunas áreas altas, que por sus necesidades de bombeo no habían sido tomadas en cuenta inicialmente.

En el año 1969-1970 la Dirección de Riego elaboró un plan de ingeniería para el Proyecto Convento Viejo, en base al cual proyectó algunos de sus elementos y para parte de ellas incluso inició su ejecución. Las soluciones y esquemas incluidos en el plan propuesto en el presente Informe toman en consideración los estudios, análisis, proyectos y obras -ya construidas o en proceso de construcción- que ha realizado la Dirección de Riego.

El plan propuesto en este capítulo, se presenta como Plan Global del sistema de ingeniería para abastecer agua a las áreas aptas para riego dentro de los límites del Proyecto. Sin embargo, debido a la considerable extensión de la superficie considerada, que hace necesario un desarrollo escalonado, se ha analizado el sistema de ingeniería buscando determinar el proceso de desarrollo por etapas que resulte óptimo en los aspectos técnico y económico.

El plan propuesto incluye las obras principales, que son el embalse de Convento Viejo, los canales de trasvase y los sistemas de suministro matrices, principales y secundarios hasta la entrega del agua en la cabecera de la parcela. Incluye también las soluciones a los problemas de mejoramiento de las áreas de riego actual y drenaje y también de conservación donde se encontró conveniente recomendarla.

Los sistemas de ingeniería a nivel predial se presentan aparte, en el Capítulo H.

Los criterios y bases que han servido para estructurar los sistemas propuestos se han definido en conformidad con los principios y normas aceptados internacionalmente para este tipo de proyectos.

## 2. SINOPSIS DEL PLAN GLOBAL

### 2.1 Objetivos

El plan global de ingeniería tiene por objetivo identificar y definir las obras y trabajos más convenientes para lograr los siguientes propósitos:

- Asegurar un suministro de agua regular y confiable, acorde con los requerimientos del desarrollo agrícola.
- Mejorar las condiciones de riego y de uso y control del agua en las áreas actualmente bajo riego, parte de las cuales adolecen de un abastecimiento deficiente de agua.
- Incorporar al riego las áreas actualmente de secano que quedan bajo la influencia del embalse de Convento Viejo.

### 2.2 Areas del Proyecto

Las áreas a desarrollar fueron determinadas tomando como base los estudios agrológicos, que delimitaron las tierras del Proyecto susceptibles de ser cultivadas bajo riego, y teniendo en cuenta también las limitaciones técnicas y económicas dictadas por la necesidad de lograr sistemas adecuados y rentables de suministro, distribución y aplicación de agua.

Las áreas del Proyecto pueden agruparse, desde el punto de vista de abastecimiento de agua, en tres categorías bien definidas, para cada una de las cuales se proponen soluciones, sea para superar deficiencias de abastecimiento que existen en las áreas bajo canal, sea para lograr un suministro confiable en las áreas que actualmente no están regadas. Estas categorías son las siguientes:

- a) Cerca de 90.625 ha netas de tierras bajo canal, para las cuales la seguridad de riego varía de un sitio a otro, pero que tienen como denominador común eficiencias muy bajas de riego y un deficiente sistema de abastecimiento y/o distribución.
- b) Dos sectores extensos, los de Nilahue y Alcones, con áreas netas desarrollables de 26.200 y 24.585 ha respectivamente, cuyas cabeceras se encuentran separadas de la zona bajo canal por cordones montañosos de la Cordillera de la Costa. Estos sectores están actualmente sin riego en su casi totalidad y requieren de obras de gran envergadura para su abastecimiento de agua.
- c) Siete sectores pequeños (rinconadas) que circundan el área actualmente bajo canal y suman en total 6.520 ha netas. Estas áreas necesitan de obras de menor cuantía para ser abastecidas.

El área neta total del proyecto suma entonces, 148.000 ha aproximadamente, de las cuales cerca de 57.000 ha son de nuevo desarrollo.

### 2.3 El plan propuesto

Para mejorar el abastecimiento de agua a las áreas actualmente bajo canal y para el riego de las áreas nuevas, se necesitan cantidades considerables de recursos hídricos.

El plan propuesto propone dos medios para disponer de los recursos hídricos necesarios y satisfacer las demandas de agua para las áreas comprendidas dentro de los límites fijados en el plan agrícola:

- Mejoramiento de la eficiencia de aplicación de agua para riego en el área bajo canal, a través de modificaciones en el sistema que facilitarán el control efectivo de la distribución y el ahorro de los recursos.
- Construcción de una presa en el Estero Chimbarongo, para almacenar los recursos propios de dicho estero y también aguas sobrantes desviadas desde el Río Teno y el Río Tinguiririca.

El análisis efectuado en el Capítulo D indica que una vez construida la presa, para un nivel de agua normal a la cota 274, y alcanzada una eficiencia de poco más de 55% en el Proyecto, se dispondrá de recursos hídricos suficientes para abastecer con una seguridad de 85% las superficies aptas para riego dentro del área incluida en el Plan Global.

A fin de conseguir las eficiencias consideradas, cosa que resulta indispensable para disponer de los recursos hídricos necesarios en la etapa de desarrollo definitivo, se ha previsto que los sistemas de suministro, tanto el existente como el nuevo, faciliten un control efectivo de la distribución y aplicación del agua. Sin embargo, no se proponen para ello grandes cambios en los sistemas de suministro existentes, ni en los métodos de distribución actualmente aprobados, fuera de los absolutamente necesarios; éstos incluyen la construcción de sistemas de control y aforo en los canales principales.

El plan propuesto es en su mayor parte un plan de suministro por gravedad; el bombeo se ha previsto solamente para áreas que no pueden ser dominadas económicamente por gravedad. El elemento central del Proyecto es la represa de Convento Viejo, que dominará las áreas a desarrollar, con la excepción de la del Tinguiririca Alto, la cual será abastecida directamente por los escurrimientos naturales del río. Sin embargo, esta área se beneficiará también por la construcción de la presa, ya que los recursos que anteriormente debía ceder al Tinguiririca Bajo serán suministrados en lo futuro por el embalse. El almacenamiento, al facilitar el suministro ordenado a las áreas dominadas por la represa, constituirá un factor importante para lograr el control eficiente y la racionalización de los recursos hídricos de la cuenca.

La presa de Convento Viejo, ubicada en una angostura del valle del estero Chimbarongo, corresponde en sus características al proyecto elaborado por la Dirección de Riego. Es del tipo de tierra, tiene una altura de 36 m y una capacidad de almacenamiento de 454 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 10 millones de m<sup>3</sup> son volumen muerto.

El Río Teno aporta al embalse Convento Viejo sobrantes de invierno que pueden llegar a los 40 m<sup>3</sup>/seg. El canal de transvase Teno-Convento Viejo se encuentra prácticamente terminado, faltándole sólo obras muy pequeñas, y ya entró en funcionamiento en el año 1975. (El canal tiene una capacidad de 65 m<sup>3</sup>/seg, pero solamente 40 m<sup>3</sup>/seg corresponden al sistema de riego; los 25 m<sup>3</sup>/seg restantes están destinados a ENDESA).

Dentro del Plan Global se ha previsto también un canal alimentador, que conducirá recursos sobrantes del Río Tinguiririca hacia el embalse. El canal propuesto tiene una capacidad de 40 m<sup>3</sup>/seg y aprovecha el trazado actual del canal Almarza.

Como se mencionaba anteriormente, no se proponen grandes cambios en la configuración de los sistemas de canales principales en el área actualmente bajo riego, teniendo en cuenta que los canales existentes se han estabilizado y que cualquier cambio en este sentido resultaría en inversiones altas, que no podrían ser compensadas por los beneficios obtenidos. El mejoramiento propuesto para estas áreas consiste básicamente en realizar modificaciones y unificaciones en el sistema de bocatomas, introducir un sistema de aforo, regulación y control en los canales principales para la mejor distribución para las áreas actualmente deficitarias y que no cuentan con suministro directo de agua.

Para las zonas de Nilahue y Alcones, actualmente sin riego, se proponen canales matrices independientes. La zona de Nilahue será alimentada por un canal en tierra con un caudal inicial de 30.8 m<sup>3</sup>/seg, que incluye un aporte de 4.4 m<sup>3</sup>/seg al estero Las Toscas, destinado a complementar los requerimientos para riego de este estero, de acuerdo con el plan de mejoramiento propuesto para el área de riego actual. El canal matriz de Nilahue parte del Estero Chimbarongo aguas arriba de la población de Santa Cruz, tiene una longitud de 10.3 Km y termina con el túnel de La Lajuela. La zona de Alcones será alimentada por un canal de 29.3 m<sup>3</sup>/seg y una longitud total de 77,7 Km. El canal corresponde en sus dos tramos, el Matriz con 23.3 Km y el Yáquil Cañetén con 54.4 Km, a los trazados previstos originalmente por la Dirección de Riego.

Los sistemas de suministro que demostraron ser más económicos para las rinconadas, también áreas de nuevo desarrollo, consisten básicamente en el abastecimiento gravitacional mediante canales existentes o nuevos, y en algunos casos, en el bombeo a las áreas más altas no dominadas por éstos. Las estaciones de bombeo son relativamente pequeñas y su operación se verá facilitada por el hecho de existir alguna experiencia de estaciones similares en el área.

El plan propone en las zonas de Nilahue y Alcones, sistemas de abastecimiento a las áreas altas que requieren de bombeo, ya que económicamente no pueden ser servidas por gravedad. En Alcones estas áreas altas constituyen un porcentaje apreciable de su superficie total.

Teniendo en cuenta que por razones operacionales el suministro de agua en los canales matrices y principales es continuo y que por

otra parte el riego nocturno no es usual y resulta en bajas eficiencias, se ha propuesto en todas las áreas de riego la inclusión de tranques nocturnos para sectores de 200 a 400 ha cada uno.

El plan propuesto incluye para las áreas de nuevo desarrollo, la construcción de la red de canales de distribución, planeada con base en los criterios de riego diurno, sectorización y regulación mediante tranques nocturnos, mencionados anteriormente.

También comprende el plan la ejecución en la Zona de Nilahue, de algunas obras para control de la erosión, y en una de las rinconadas, de trabajos para el mejoramiento del sistema de drenaje.

Detalles del plan propuesto se presentan en las secciones siguientes de este capítulo.

### 3. CRITERIOS Y BASES GENERALES DE PLANEAMIENTO

#### 3.1 Introducción

A continuación se presentan los criterios generales adoptados para la evaluación y planificación de los esquemas alternativos estudiados, tanto para el mejoramiento del área bajo riego, como para las nuevas áreas de desarrollo. Los criterios específicos empleados para cada uno de los elementos de que consta el plan de ingeniería se tratan separadamente al analizar cada aspecto en particular. Asimismo, todo lo referente a las estructuras adoptadas se presenta en el Anexo XIII.

#### 3.2 Definiciones

La mayor parte de las obras de ingeniería evaluadas para las áreas de nuevo riego y para el mejoramiento de las de riego actual, se refieren a sistemas de canales de riego, ya sean matrices, de alimentación, principales o secundarios. A continuación se explica a qué elemento específico de la red de canales se refiere cada denominación empleada:

- Los canales matrices o de alimentación son básicamente de conducción: transportan el agua de su sitio de captación al área a ser regada. Por lo general no efectúan entregas de agua en su trayecto. El término matrices se ha reservado para los canales de gran caudal que sirven áreas extensas, como Nilahue o Alcones; por canales de alimentación se entiende los que abastecen áreas pequeñas, como las rinconadas.
- Los canales principales son aquellos que dentro de una zona determinada, conducen el agua para ser entregada a los canales secundarios o de distribución.
- Los canales secundarios generalmente distribuyen el agua dentro de los sectores de riego, área que oscila entre 200 y 400 ha y que normalmente tiene un tranque o embalse de almacenamiento nocturno.
- Por tranques nocturnos se entienden pequeños embalses que almacenan el agua durante las horas de la noche. Más adelante se amplían y explican estos conceptos.

#### 3.3 Descripción de los criterios generales de dimensionamiento

##### 3.3.1 Capacidad de los canales

###### a) Demandas de riego

Las capacidades de diseño de los canales, sean de conducción o distribución, se determinaron con base en los valores medios de las necesidades de agua para riego para cada zona considerada, en el período de máxima demanda. Las necesidades de agua de los cultivos se calcularon con base en la fórmula de Blaney y Criddle modificada por Phelan, tal como se explica

en los Capítulos C y D de este Informe, y con la eficiencia de riego final prevista para el Proyecto, que es de 55 por ciento.

Esta eficiencia, un poco alta para las etapas iniciales de desarrollo, no significa que los canales así dimensionados puedan resultar transitoriamente insuficientes, porque en estas etapas no estará bajo riego toda la extensión a desarrollar, inclusive las áreas de bombeo, para las cuales se ha previsto la correspondiente sobrecapacidad en los canales.

Los factores de riego así obtenidos, en litros por hectárea por segundo, son los siguientes:

Zona	Factor de riego
I	1,03
II	1,06
III	1,09
Nilahue	1,08
Alcones	1,11

b) Horas de operación y tranques nocturnos

Uno de los conceptos que sirvieron de base para la planificación de los sistemas de regadío fue el de no considerar riego durante la noche. Esta conclusión fue dictada por una parte por la tradición de los agricultores de la zona, y por otra parte por la nivelación imperfecta del terreno y el hecho de regarse prácticamente toda el área por gravedad, lo que implicaría bajas eficiencias de aplicación nocturna. Por esta razón fue necesario incluir en todos los esquemas de distribución, tranques de almacenamiento nocturno, algunos de los cuales ya se encuentran construídos en el área actualmente bajo riego. Por otra parte, la gran longitud de las redes de canales matrices y principales y el complejo proceso de reusos y retornos de agua, especialmente en las zonas de riego actual, hacen impracticable un abastecimiento de agua controlado cada día. Por esta razón se partió de la base de que los canales matrices, principales y secundarios localizados aguas arriba de los tranques nocturnos operan las 24 horas del día, y mientras que los de distribución propiamente dichos operan sólo durante las horas de riego, que para efectos de dimensionamiento de tranques y canales se supuso serían 10 horas diarias aunque en la práctica este número pudiera ser mayor.

c) Pérdidas en los canales

Las pérdidas por infiltración en los canales se calcularon con base en la fórmula de Moritz, recomendada por el U.S. Bureau of Reclamation:

$$S = 0.000375 \times C \times Q / V$$

donde: S = Pérdida por infiltración en porcentaje del caudal del canal, por kilómetro del canal.  
 Q = Caudal del canal en m<sup>3</sup>/seg  
 V = Velocidad media del agua en m/seg  
 C = Lámina de agua perdida por día en cm/día

Se consideró un valor promedio C de 20 cm/día para canales en tierra y 10 cm/día para canales revestidos.

d) Constante de reuso

La configuración topográfica del área del Proyecto, en virtud de la cual los canales de drenaje o los esteros que reciben el agua sobrante del riego sirven aguas abajo como fuentes de abastecimiento de otras áreas, ha hecho considerar en los balances hidrológicos un factor que se ha denominado de reuso y que varía en sus características y en su magnitud de una zona a otra. En el dimensionamiento de canales principales y secundarios que dominan áreas compactas, en las cuales no es de esperar que se presente este proceso, no se ha considerado ninguna reducción del caudal por este concepto. Para los canales matrices se ha aplicado una constante de reuso resultante del análisis efectuado para cada zona en particular; el valor de la constante usada es de 0,20 para los canales matrices de Nilahue y 0,25 para los de Alcones (Anexo III).

### 3.3.2 Secciones de los Canales

- Las velocidades del agua adoptadas para canales de riego varían entre 0,3 y 1,0 m/seg para canales en tierra y entre 0,7 y 1,2 m/seg para canales revestidos, según la capacidad del canal, su trazado y las características del agua que transportan. Las velocidades mínimas se emplean para canales a media ladera, con los cuales se busca dominar la máxima área posible; las máximas, para canales que por necesidad deben ser trazados por terrenos muy pendientes.
- Para canales matrices, de alimentación y principales se buscó un trazado que diera soluciones estables, económicas y compatibles con las estructuras requeridas. Para canales en ladera, se consideraron secciones con el prisma de agua completamente en corte. Cuando las pendientes transversales sobrepasan el 50%, se consideraron canales rectangulares en hormigón reforzado.

Los canales que deben regar las áreas adyacentes a su curso generalmente tienen parte en excavación y parte en terraplén, ya que el nivel del agua debe estar unos 0,30 m sobre la elevación del terreno.

- Para la generalidad de los canales en tierra y revestidos se consideraron taludes laterales de 1:1 (horizontal:vertical). La experiencia con los taludes de los canales de riego en la zona del Proyecto y en general en Chile es emplear taludes 1:1 y aún más verticales. Sólo en casos excepcionales o en canales de gran capacidad se usan taludes más tendidos. De la observación de los canales existentes en el área del Proyecto, muchos con decenas de años de operación, se encuentra que por lo general sus secciones se mantienen relativamente estables, aunque muchos canales tienen pendientes longitudinales mayores de las teóricamente tolerables por concepto de erosión. Sólo en el caso de los canales matrices de Nilahue y Alcones en los trayectos planos, se utilizaron taludes de 1,5:1 en razón del tipo de suelos encontrado, de la capacidad y profundidad de los canales y de la poca profundidad a que pueden presentarse los niveles freáticos.

Para los tramos en los que se prevé excavación en roca, se adoptaron taludes de 0,25:1.

- Se consideró una altura de la berma del canal sobre la cota normal de aguas del 20% de la lámina de agua, con un mínimo de 0,15 metros.
- Para el presente estudio se consideró el revestimiento de hormigón no reforzado como alternativa para los canales en tierra, cuando resulte más económico o cuando se trate de controlar pérdidas excesivas por infiltración debido a las características de los suelos. Los espesores del revestimiento son de 7 cm para caudales menores de 15 m<sup>3</sup>/seg y de 10 cm para caudales mayores. También se consideró un espesor medio de revestimiento de 7 cm para los tramos excavados en roca.
- Para todos los canales principales, se consideró que una de las bermas debe tener un ancho de 2,50 metros, para que permita la circulación de vehículos de operación y mantenimiento. Este ancho se aumentó a 3,0 metros para los canales matrices. Las bermas opuestas tienen un ancho de 1,20 metros. En los canales secundarios las dos bermas tienen 1,20 m; se consideró que la circulación de vehículos cuando se requiere, se efectúa por una faja paralela a los canales.
- Para el caso de excavaciones profundas en tierra, se consideraron bermas de 1 m cada 4 o 5 metros de altura, para garantizar una seguridad adecuada de estabilidad.
- Se consideraron cercos de alambre de púa solamente a ambos lados de los canales matrices o más importantes de cada zona.

### 3.3.3 Diseño hidráulico

El diseño hidráulico de los canales se efectuó mediante el empleo de la fórmula de Manning:

$$Q = A V R^{2/3} S^{1/2}/n$$

donde: Q = caudal del canal en m<sup>3</sup>/seg  
 A = área mojada del canal en m<sup>2</sup>  
 R = radio hidráulico en metros  
 S = pendiente del canal  
 n = coeficiente de rugosidad del canal; los valores usados fueron 0,025 para canales en tierra y 0,015 para canales revestidos.

### 3.3.4 Estaciones de bombas

Para las soluciones que consideran abastecimiento por bombeo, se adoptaron los siguientes criterios básicos:

- Unidades de bombeo verticales accionadas con motores eléctricos. El tipo de bombas puede ser centrífuga, turbina o de flujo mixto, según su capacidad. El número total de unidades, todas iguales, varía de 2 a 7 según la capacidad de la estación, de las cuales una es de reserva.
- Las estaciones de bombas mayores (capacidades mayores de 3 m<sup>3</sup>/seg) se consideraron completas con subestructura, superestructura, cubierta y puente guía. Las menores se consideraron del tipo intemperie, o sea únicamente con subestructura.
- Se consideró que las bombas trabajan las 24 horas en el mes de máxima demanda; en los otros meses el número de horas se va reduciendo proporcionalmente a la demanda, evitando en lo posible el bombeo en las horas en que el costo del kW-hora es mayor (entre las 17 y las 22 horas). Como los canales que alimentan la estación operan continuamente, se incluyeron en todos los casos tranques de regulación, de los cuales toman el agua las bombas.
- Con excepción de la estación de bombas, de gran capacidad, que se estudió para la zona de Alcones, en la que fue necesario considerar una tubería de impulsión separada para cada unidad de bombeo, en todas las demás estaciones se contempló una tubería de impulsión única. Todas estas tuberías se consideraron de acero.
- Para el suministro de energía a las estaciones, se determinó con base en la red eléctrica existente o proyectada en la zona, cuáles eran los sistemas de alimentación más cortos y económicos, ya sea por refuerzo de líneas eléctricas existentes ya o por instalación de líneas nuevas.

## 3.4 Presupuestos y costos

### 3.4.1 Generalidades

El cómputo realístico de las inversiones y los costos de operación y mantenimiento de los sistemas de ingeniería constituye uno de los elementos básicos necesarios para alcanzar conclusiones claras y definitivas

en la evaluación de las distintas alternativas que se plantean y para calcular las relaciones beneficio-costos que en última instancia definirán el grado de factibilidad del proyecto recomendado.

Por las razones anteriores, y dadas las actuales condiciones económicas de Chile, caracterizadas por una dinámica de cambio excepcionalmente acentuada, se dedicó un esfuerzo especial a obtener costos en lo posible exentos de efectos distorsionados con respecto a los valores normales a nivel internacional.

### 3.4.2 Precios unitarios

Para la determinación de los precios unitarios de trabajos de ingeniería, se realizó primeramente un análisis de los costos usados en cuatro de las últimas licitaciones, que para obras similares a las previstas en el Proyecto Convento Viejo convocó el Gobierno chileno. Los índices y promedios obtenidos de este análisis mostraron que, debido al estado actual de la actividad de la construcción en el país, los precios unitarios, especialmente en ciertos renglones, no reflejan la realidad de los costos actuales y están por lo general más bajos que los aceptados internacionalmente. Se procedió en consecuencia a realizar un análisis pormenorizado de los costos unitarios, en el cual se buscó excluir los factores anormales que aún actualmente mantienen deprimidos los costos de construcción. En el Anexo XIII se presenta la lista de precios unitarios utilizados.

Los precios fueron calculados en pesos al 30 de abril de 1977 y expresados en dólares según la tasa oficial de cambio que se tuvo a esta fecha (19 pesos por US\$). Para designar los precios así expresados se ha utilizado el símbolo PUS\$ (pesos expresados en dólares).

### 3.4.3 Inversiones

Los costos de capital fueron calculados con base en tasas de interés del nueve y del diecisiete por ciento anual. La vida útil de las obras civiles se consideró de 40 años y la de los equipos de bombeo, de 20 años.

Para las comparaciones económicas entre diferentes esquemas alternativos, se tuvo en cuenta la posibilidad de diferir las inversiones hasta cuando sean realmente necesarias. En el caso de canales y obras de conducción que requieren aumento de capacidad para una etapa de desarrollo posterior, generalmente se consideró su construcción para la capacidad final, debido al valor marginal de las inversiones necesarias para un incremento de capacidad.

Para las soluciones que contemplan bombeos se consideró que éstos se incrementan gradualmente en los años iniciales hasta alcanzar su capacidad final a los dos o a los cinco años, según la magnitud del bombeo involucrado.

#### 3.4.4 Costos de operación y mantenimiento

También estos costos tienen gran influencia en la definición de las soluciones adoptadas. Para la comparación de alternativas se adoptó un valor del 2% de las inversiones para los costos anuales de operación y mantenimiento con excepción del bombeo. El bombeo se calculó con base en los costos actuales del kilovatio-hora; como éste tiene tarifas horarias diferenciales, se aplicó el criterio de reducir al mínimo el número de horas con costos de energía más altos.

En el Capítulo J se trata con mayor detalle sobre los costos de operación y mantenimiento y la manera como fueron estimados.

#### 3.4.5 Costos de ingeniería, supervisión de construcción e imprevistos

Los costos de ingeniería, preparación de planos de construcción, especificaciones técnicas, licitaciones, etc, se han estimado en un 10% del costo básico, que es un porcentaje normal para obras del tipo y magnitud de las consideradas en el Proyecto Convento Viejo.

En cuanto a los imprevistos, sumas no consideradas a nivel de factibilidad o imponderables de construcción, se estimaron en un 20%, en razón del grado de información disponible a nivel de factibilidad.

#### 4. EMBALSE DE CONVENTO VIEJO

##### 4.1 Generalidades

El elemento central del Proyecto es el Embalse de Convento Viejo, ubicado en una angostura en el Estero Chimbarongo, cerca del pueblo Convento Viejo, unos ocho kilómetros al occidente de la Carretera Panamericana Sur.

Las aguas del embalse provendrán tanto del propio Estero Chimbarongo, como también de los sobrantes desviados de los ríos Teno y Tinguiririca y los caudales de retorno de las áreas regadas por el Tinguiririca y el Teno aguas arriba de la presa. El embalse domina las áreas actualmente bajo canal y las áreas nuevas contempladas para el futuro desarrollo, con la excepción de la zona del Tinguiririca Alto.

El Embalse de Convento Viejo constituye también el elemento central del plan elaborado por la Dirección de Riego, la cual ya ha preparado la mayoría de los planos y diseños necesarios e incluso ha iniciado la construcción de las obras en 1969. En el marco del presente estudio se ha reexaminado las necesidades de almacenamiento, a la luz del plan de desarrollo agrícola, llegándose a la conclusión de que las características originalmente adoptadas por la Dirección de Riego satisfacían estas necesidades. El nivel máximo de aguas normales se encuentra a la cota 274, lo que corresponde a un volumen de almacenamiento de 454 millones de m<sup>3</sup>, de los cuales 10 millones son volumen de almacenamiento muerto.

La presa tiene una longitud de coronamiento de 715 metros, una altura máxima de 36 m y es del tipo de tierra de sección mixta.

La localización del embalse y las principales características de la presa y sus estructuras accesorias se muestran en las Figuras J-2 a J-4.

Como resultado de la construcción de la presa se inundará un área de unas 4.600 ha, lo que implicará la necesidad no sólo de efectuar una compensación por las viviendas y tierras agrícolas que serán anegadas, sino también de construir variantes de diversos servicios existentes en el área de inundación, las más importantes y costosas de las cuales son la línea de ferrocarril principal Norte-Sur las líneas eléctricas de alta tensión, la línea de teléfono y el oleoducto. Existen proyectos para algunas de estas variantes, y la de ferrocarril que es la más importante está ya parcialmente construida. El límite oriental del área inundada está formado por la Carretera Panamericana. Para el nivel previsto de aguas máximas, el embalse llegará hasta esta vía pero sin anegarla y sin que haya necesidad de variar su trazado, lo cual habría involucrado costos adicionales muy altos.

##### 4.2 Análisis de capacidades del embalse

En el análisis presentado en el Capítulo D se evaluó de la manera más realística posible, por medio de un modelo de simulación, el balan-

ce entre requerimientos y disponibilidades de agua. Los resultados de este análisis indican que para valores considerados razonables de los diferentes parámetros -- y especialmente una vez conseguido una eficiencia de riego suficientemente elevada - la capacidad de almacenamiento prevista permitirá proporcionar agua en cantidad suficiente para todos los suelos aptos para el riego que se han incluido en el Plan Global de Desarrollo.

Existen, sin embargo, como en toda evaluación hidrológica de esta magnitud, factores de incertidumbre en cuanto a los valores reales de los parámetros usados, tales como factores de reuso y retorno del agua de riego, pérdidas en los canales y cursos de agua, trasvase y eficiencias de riego, ya que los mecanismos de estos procesos son tan complejos que sólo podrán conocerse en definitiva mediante una cuidadosa calibración del proyecto en operación. Toda divergencia entre los valores adoptados y los valores reales pudiera eventualmente modificar los resultados del balance hidrológico para las fases finales de desarrollo. El parámetro que más incidencia tiene en el balance es el de la eficiencia de riego, para el cual se espera un incremento gradual, a medida que se vayan ejecutando los programas y obras recomendadas para optimizarlo.

En el balance no se ha tomado en cuenta un posible almacenamiento temporal de agua en el subsuelo, por debajo del embalse y en sus alrededores, el cual según estimaciones de la Dirección de Riego podría alcanzar unos 50 millones de  $m^3$  y representaría un aumento en el volumen útil del embalse. Las condiciones del subsuelo y el alto nivel freático en la región del embalse no dejan muy en claro la existencia de tal fenómeno, y por lo tanto, por razones de seguridad, no se ha incluido en la evaluación de las disponibilidades de agua. Si se comprobara la existencia de un almacenamiento de este tipo a través de investigaciones y afloros en el futuro, ello significaría una mayor disponibilidad de agua para todas las etapas del Proyecto.

#### 4.3 Almacenamiento adicional

Sólo en el caso de que las metas previstas para el mejoramiento de la eficiencia del riego no pudieran alcanzarse, y que algunos parámetros adoptados tuvieran valores muy inferiores a lo previsto, se podría requerir para la etapa final de desarrollo del Proyecto, una capacidad de almacenamiento. De acuerdo a las pruebas de sensibilidad llevadas a cabo, ésta capacidad podría variar entre unos pocos millones de  $m^3$  y unos 170 millones de  $m^3$ , si se produjera una superposición de efectos desfavorables.

Como pasará un lapso muy considerable de tiempo antes de que se produzcan estos requerimientos adicionales (si es que alguna vez se producen) no es práctico ni aconsejable, en razón del gran esfuerzo organizativo y financiero de dudoso beneficio que ello supondría, considerar por ahora soluciones para ampliar la capacidad del embalse.

Ante la eventualidad de una deficiencia de agua en el futuro, se podría pensar como solución en las siguientes posibilidades:

- a) Elevación del muro del Embalse de Convento Viejo o construcción de un embalse adicional en Nilahue.
- b) Trasvase de recursos de agua adicionales desde el Sur

Ninguna de estas soluciones se puede cuantificar y evaluar técnica y económicamente, en la actualidad, por cuanto las deficiencias serán función del comportamiento real del sistema hidrológico y del grado de optimización que se logre en el uso de agua para riego. Tampoco es posible predecir la prioridad que se daría al proyecto de trasvase mencionado en b).

Con base en las anteriores consideraciones se estima que por el momento cualquier evaluación con respecto a un eventual incremento de la capacidad del embalse sería prematura e irrelevante.

#### 4.4 Construcción escalonada de la presa

Con el objeto de determinar si se justificaría una construcción escalonada de la presa, con miras a reducir los costos iniciales del Proyecto, se trató de establecer la tendencia de variación de las inversiones necesarias en función de la capacidad del embalse. Para ello, se calcularon los costos para capacidades de almacenamiento de 150 y 300 millones de  $m^3$ , que junto con los correspondientes al volumen del proyecto, de 454 millones de  $m^3$ , se presentan a continuación:

Capacidad millones de $m^3$	Costo millones de PUS\$
454	18,21
300	17,47
150	17,40

Estos valores no incluyen las inversiones que en el momento de escribir este informe ya se han efectuado, y que por lo tanto son iguales para cualquier solución que se adopte. Tampoco están incluidos los efectos diferenciales que se presentan en las variantes de ferrocarril, líneas de transmisión, oleoducto y líneas de telégrafo y teléfono, debido a que aún para la altura de la ataguía ya construida, que forma parte de la presa y que corresponde a un almacenamiento aproximado de 30 millones de  $m^3$ , ya se requiere la remoción de la mayor parte de estos servicios, incluido el de ferrocarril cuyo costo es de cerca del 80% de todas las variantes requeridas.

El dimensionamiento de la presa para los volúmenes de 150 y 300 millones de  $m^3$  se hizo con base en secciones de la presa y del muro secundario similares a la del proyecto original.

Para las capacidades de 150 y 300 millones de  $m^3$  se conservó la localización, tipo y capacidad del vertedero proyectado. En realidad la capacidad del vertedero debiera ser tanto mayor cuanto menor fuera el volumen del embalse, lo que reduciría aún más las dificultades de costos entre las diferentes capacidades consideradas.

Es conveniente anotar, además, que la construcción escalonada del vertedero con cotas de rebose diferentes involucraría sobrecostos considerables.

Del estudio de las variaciones de costo de la presa contra volúmenes del embalse y de las consideraciones anteriores se puede concluir que, aún si del punto de vista hidrológico las capacidades de almacenamiento del embalse pudieran requerirse en forma muy gradual, no se justifica una construcción escalonada de la presa, ya que las diferencias en inversión para incrementos de la capacidad, son muy pequeñas y pueden aún contrarrestarse completamente si se analizan más en detalle los sobrecostos y trabajos adicionales que ello implicaría.

## 5. OBRAS DE TRASVASE

### 5.1 Generalidades

Como obras de trasvase se consideran tanto la desviación de recursos sobrantes de los ríos Tinguiririca y Teno hacia el embalse, como también el canal Convento Viejo-Tinguiririca, propuesto en el plan de la Dirección de Riego.

El plan original de la Dirección de Riego preveía la necesidad de un trasvase de sobrantes de agua del Río Teno hacia la represa de Convento Viejo, para su almacenamiento en la misma, a fin de complementar los recursos propios del Estero Chimbarongo. Sin embargo, uno de los resultados del estudio hidrológico efectuado por medio del modelo de simulación (Anexo III) se refiere a la necesidad de complementar los recursos hídricos del embalse Convento Viejo aportándole los sobrantes de agua con que cuenta el Río Tinguiririca en los meses de primavera y verano, siempre y cuando estos recursos estén disponibles después de satisfacer las demandas de las áreas abastecidas directamente por el Río Tinguiririca. En efecto, el modelo hidrológico de simulación indica que la disponibilidad de agua para el área dominada por el embalse muestra una alta sensibilidad ante variaciones en el caudal de trasvase Tinguiririca-Convento Viejo. En consecuencia se ha incluido en el plan propuesto un canal de trasvase con una capacidad de 40 m<sup>3</sup>/seg desde el Río Tinguiririca hacia el embalse Convento Viejo.

También fue bastante concluyente el resultado del modelo hidrológico en cuanto a la no justificación de una obra de trasvase del embalse de Convento Viejo al Alto Tinguiririca para reforzar el suministro de agua a la parte más baja de esta zona.

### 5.2 Traslase Río Teno - Estero Chimbarongo

El canal de trasvase Teno-Chimbarongo, cuya construcción se encuentra prácticamente terminada, está en operación desde 1975. Tiene su bocatoma localizada unos 500 m aguas arriba del puente de la Carretera Panamericana sobre el Río Teno. Su capacidad total es de 65 m<sup>3</sup>/seg, de los cuales 40 m<sup>3</sup>/seg corresponden a la Dirección de Riego. El canal, que no está revestido, tiene sección de forma trapezoidal y su longitud es de 13,7 km. El Proyecto se elaboró de acuerdo con las normas de la Dirección de Riego y la obra fue construida bajo la responsabilidad de la ENDESA. Ambas entidades han negociado un acuerdo sobre la manera como deben distribuirse las inversiones y costos de la obra.

### 5.3 Canal Tinguiririca - Convento Viejo

Como ya se ha indicado más arriba, las conclusiones de los estudios hidrológicos para la fase final de desarrollo del Proyecto son categóricas, en el sentido de que será necesario un trasvase de proporciones considerables, hasta del orden de los 40 m<sup>3</sup>/seg, para evitar deficiencias de agua en el área de influencia del embalse. En consecuencia se ha realizado estudios e investigaciones de campo para identificar la solución más ventajosa para este trasvase.

Para un área regada como la parte sur del Alto Tinguiririca, en la que cualquier conducción nueva implicaría múltiples interferencias con otros canales, con drenajes y con las mismas áreas de riego, resulta obvio buscar un trazado del trasvase que aproveche los canales o esteros existentes. Existen 11 canales que parten del Río Tinguiririca hacia el Estero Chimbarongo y que se enumeran en el Cuadro E-1, junto con sus áreas regadas y las sobrecapacidades disponibles en bocatoma:

Cuadro E-1: Canales considerados para el trasvase Tinguiririca-Convento Viejo

Nombre del canal	Area dominada (ha)	C a u d a l (m <sup>3</sup> / seg)		
		Necesario	Máximo registrado en bocatoma	Sobrecapacidad disponible en bocatoma
Bombilla-Carrizal	211	0,19	0,54	0,35
Punta o San Juan	2.677	2,38	5,42	3,04
Quicharco y Sta. Elena	760	0,69	2,64	1,95
El Sauce	1.069	0,97	1,51	0,54
Quinta	1.424	1,29	2,62	1,33
Común	5.684	5,15	13,50	8,35
Perejil	1.252	1,13	1,56	0,43
Llantenes	911	0,83	1,74	0,91
Chimbarongo-Almarza	2.724	2,47	4,85	2,38
Santa Catalina	443	0,40	1,42	1,02
Población-La Cuesta	2.077	1,88	2,80	0,92
<b>T o t a l e s</b>	<b>19.812</b>	<b>17,38</b>	<b>38,60</b>	<b>21,22</b>

El mayor de estos canales como puede verse en el cuadro es el Común, que es el que se recomienda, conectado en su parte baja con el canal El Sauce y el estero El Buitre, para el trasvase en la etapa inicial del Proyecto, en caso de que llegue a ser necesario (Anexo XIII). Los demás canales son de muy baja capacidad si se compara con la que requerirá el trasvase final, especialmente si se considera que las cifras mostradas en el cuadro son medidas en bocatoma y que todos los canales, en mayor o menor grado van reduciendo su capacidad a medida que van distribuyendo el agua a sus áreas de riego a través de marcos partidores. Por la misma razón anterior no es posible recurrir a todos los canales en conjunto, para obtener el trasvase necesario. La suma de sobrecapacidades de 21,2 m<sup>3</sup>/seg es sólo la inicial y serían necesarias muchas ampliaciones de canales y reemplazos de estructuras para mantener esta capaci-

dad hasta el final, y más aún si se quisiera aumentarla. Además, no se considera recomendable captar todo el caudal y dejar que se subdivida a través de ramales y predios, por los daños e inundaciones que podría causar.

También se consideró la posibilidad de que la solución de trasvase adoptada para el caso de que se requiera en las etapas iniciales del Proyecto, se pudiera ampliar para la etapa final. Ahora bien, la ventaja que esta solución presenta para una primera etapa es la sobrecapacidad disponible, que tratándose de un incremento pequeño de capacidad reduce apreciablemente los volúmenes de excavación necesarios en relación a otras soluciones alternativas. Pero si se trata de aumentar la capacidad hasta varias veces la actual, los trabajos de ampliación se van asimilando a la construcción de un canal nuevo, con la complicación adicional de demolición y reconstrucción de estructuras que en este caso son numerosas, debido a la fuerte pendiente del canal.

Con base a la información disponible acerca de los canales existentes se realizaron investigaciones de campo, con el objeto de definir las capacidades efectivas de sus diferentes tramos e identificar a aquellos que tuvieran el menor número de ramales, derivaciones e interferencias que significaran complicaciones y sobrecostos para las obras de construcción.

El canal que resultó más favorable en estos aspectos fue el Almarza, (Figura E-1) con 21,7 km de longitud, que es el más corto entre los canales considerados apropiados para este propósito, ya que tiene cerca de 5 km menos que la solución basada en el Común, y además no atraviesa núcleos poblados como en el caso de otros canales y tiene su área de riego cercana al embalse, a la que abastece actualmente con sólo cuatro marcos partidores. Al igual que en los demás canales estudiados, esta solución requiere un número considerable de estructuras de caída, pues su pendiente actual media, de cerca del 7%, es excesiva sobre todo para un canal de gran capacidad.

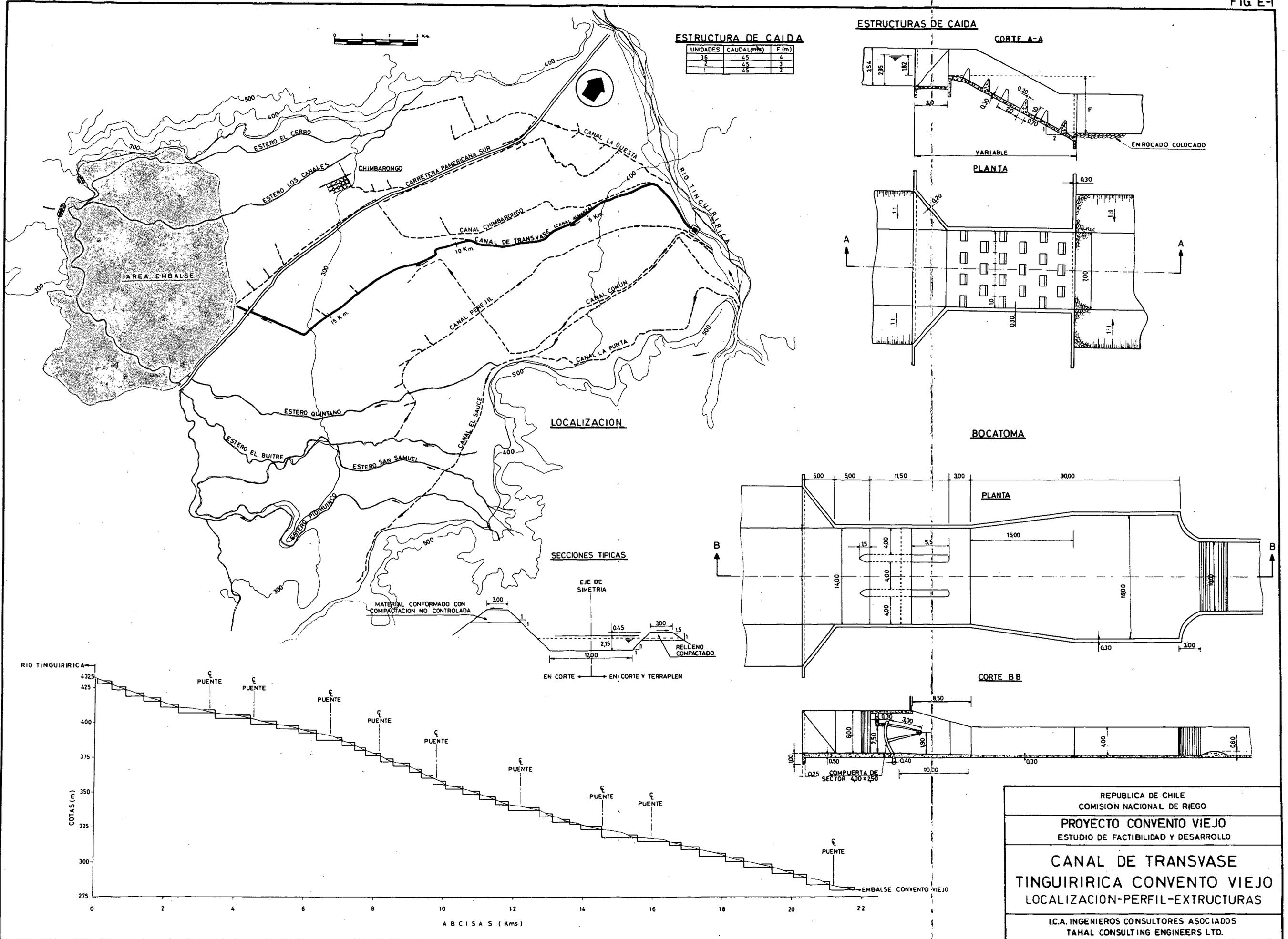
Se estudiaron dos alternativas para este canal, con base en secciones en tierra y revestida, cuyas características principales se indican en el Cuadro E-2.

Según se observa en el cuadro, la solución en tierra resulta apreciablemente más económica, en especial por ahorrarse los altos costos de revestimiento. Además, el revestimiento pudiera ocasionar sobrecostos adicionales, para evitar los daños que en tramos de cortes fuertes pudieran causarle las aguas freáticas. Por estas razones se recomienda la solución en tierra.

En la Figura E-1 se muestra la localización y el perfil longitudinal del canal propuesto así como las caídas típicas y los trazados de otras alternativas estudiadas en detalle.

Cuadro E-2: Comparación de alternativas del canal de trasvase  
Tinguiririca-Convento Viejo para la etapa final

	Canal en tierra	Canal revestido
<b>A. <u>Características generales</u></b>		
Pendiente (%)	0,6	1,0
Velocidad del agua (m/seg)	1,3	2,4
Sección:		
- Base (m)	12,00	8,00
- Altura (m)	2,15	1,70
- Borde libre (m)	0,50	0,40
- Talud	1 : 1	1 : 1
N° de estructuras de caída:		
- De 4 m	36	35
- De 3 m	2	-
- De 2 m	1	-
Puentes:		
- Número	10	10
- Luz (m)	4 x 7	2 x 7
Estructura de derivación y control	2	2
<b>B. <u>Costos</u> (en miles de PUS\$)</b>		
Movimiento de tierras	1.674,0	835,0
Revestimiento	-	3.890,6
Estructuras de caída	761,5	692,9
Puentes	303,3	172,5
Derivación de control	361,7	361,7
Canal de riego paralelo	171,6	171,6
Misceláneas	228,2	318,6
<b>T o t a l e s</b>	<b>3.500,3</b>	<b>6.442,9</b>



REPUBLICA DE CHILE  
 COMISION NACIONAL DE RIEGO  
**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

**CANAL DE TRANSVASE**  
**TINGUIRIRICA CONVENTO VIEJO**  
 LOCALIZACION-PERFIL-EXTRUCTURAS

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
 TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

## 6. DESARROLLO DE LAS NUEVAS AREAS BAJO RIEGO

### 6.1 Generalidades

Las nuevas áreas del Proyecto que deben desarrollarse para riego son la zona de Nilahue con 26.200 ha, la de Alcones con 24.685 ha y las llamadas "rinconadas" con 6.520 ha. Su localización se indica en la Figura E-6.

Las áreas a desarrollar se determinaron con base en mediciones sobre planos a escala 1 : 10.000, de acuerdo a los límites del estudio agrológico y a los contornos definidos en función de las posibilidades técnicas y económicas de abastecimiento de agua.

Las zonas de Nilahue y Alcones constituyen sectores independientes, con suelos agrícolas por lo general de buena calidad. En estas zonas, las cabeceras de los valles están separadas del valle de Santa Cruz por ramales montañosos de la Cordillera de la Costa, por lo cual requieren obras de cierta envergadura para su abastecimiento de agua. Las rinconadas son pequeños valles que circundan las superficies de los valles Central y de Santa Cruz actualmente bajo canal, con elevaciones algo mayores y suelos de buena calidad. Su suministro de agua, aunque no tan fácil ni tan directo como en las áreas bajas, no reviste especial complicación ni implica tampoco costos elevados.

Con el objeto de elaborar un plan global de desarrollo para estas áreas, se efectuó un estudio encaminado a definir el sistema de abastecimiento y de distribución de agua más recomendable para cada una de ellas. Además, debido a la necesidad de desarrollar el Proyecto de modo escalonado, según se expone más adelante en el Capítulo F, fue preciso proceder también a una evaluación comparativa entre los esquemas de suministro de agua a las diferentes áreas, a fin de definir el proceso más conveniente y económico de desarrollo por etapas.

### 6.2 Información básica utilizada

En el estudio y evaluación de las diferentes alternativas y soluciones para los sistemas matriz, principal y secundario, se contó con la siguiente información básica:

- Informe sobre el Proyecto Convento Viejo, elaborado por la Dirección de Riego en 1970, en el cual se presenta el Proyecto tal como lo concibió en un principio la Dirección.
- Mapas a escala 1 : 50.000 de toda el área del Proyecto, elaborados y restituidos con base en fotografía de 1954, por el Instituto Geográfico Militar de Chile.
- Planos a escala 1 : 10.000 de la superficie a desarrollar, con curvas de nivel cada 2,5 m restituidos con base en fotografías a escala 1 : 20.000.
- Las fotografías aéreas y fotomosaicos citados anteriormente.

- Un estudio geomorfológico del área de Nilahue y del canal Yáquil-Cañetén, ejecutado especialmente para el presente informe (Anexo XIII).
- Planos detallados de planta y perfil, de los canales matriz y Yáquil-Cañetén y de las estructuras correspondientes del primero, así como informaciones sobre suelos a lo largo de los trazados de ambos. Este trabajo fue ejecutado por la Dirección de Riego en 1973, y corresponde a un esquema matriz diferente del considerado en 1970. A este esquema se hace referencia cuando se menciona más adelante la solución propuesta por la Dirección de Riego.
- Resultados de las investigaciones y mediciones de campo realizadas para los canales matrices y principales y para las rincónadas.
- Informaciones topográficas y de suelos obtenidas para las soluciones recomendadas.

### 6.3 Canales matrices

#### 6.3.1 Introducción

El estudio de canales matrices se refiere básicamente a las zonas de Nilahue y Alcones, aunque el suministro de agua a tres de las rincónadas La Lajuela, Yáquil y Los Huiques depende del esquema matriz que finalmente se adopte.

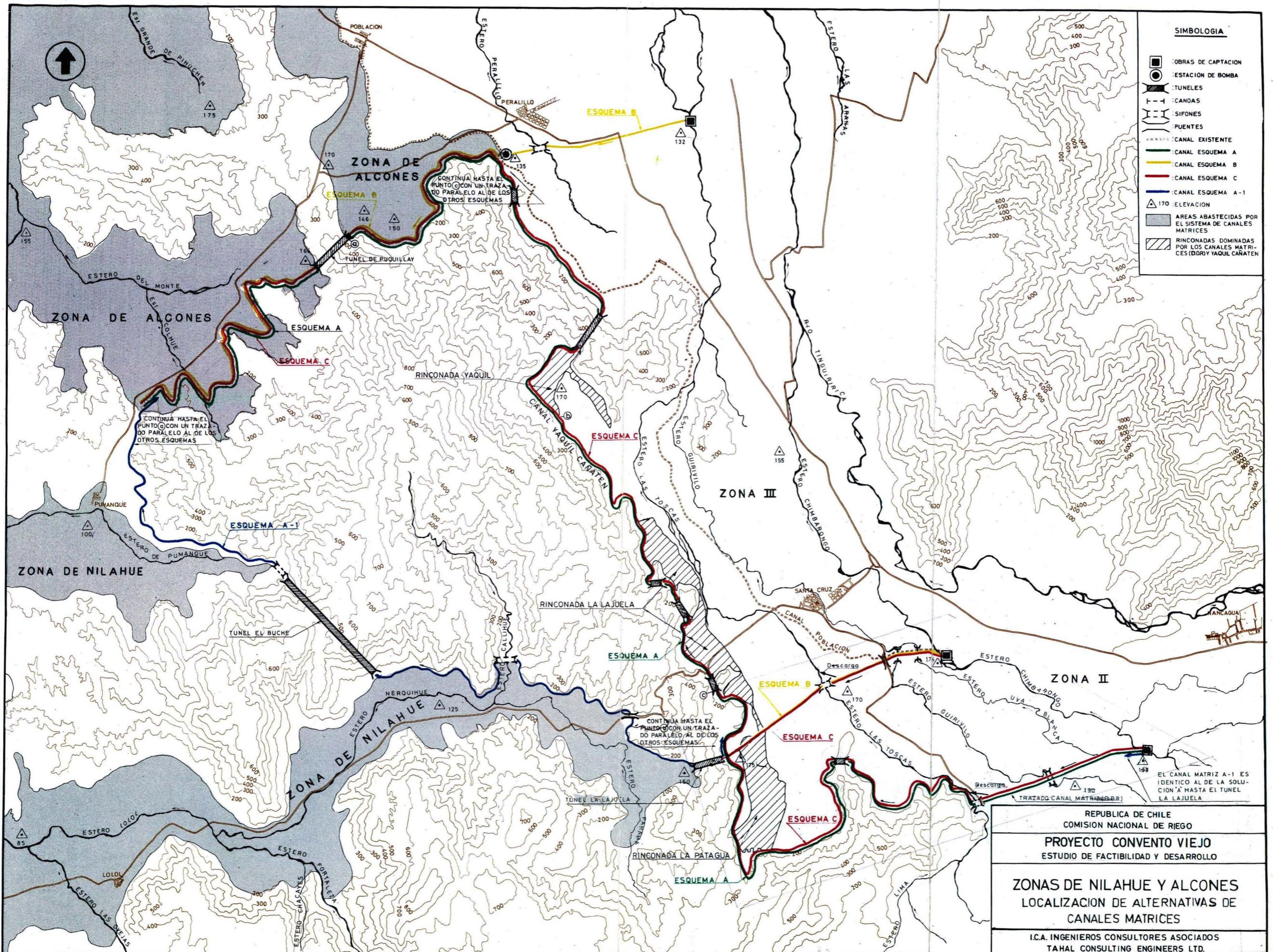
La denominación de matrices corresponde a los canales que conducen el agua del Estero Chimbarongo a las cabeceras de cada área. El agua almacenada en el embalse Convento Viejo será descargada al estero de manera regulada, de acuerdo con las demandas determinadas para cada período de riego.

En la comparación de alternativas se consideraron los caudales necesarios para abastecer las áreas totales de cada zona, sea por gravedad sea por bombeo.

#### 6.3.2 Descripción de las alternativas del sistema matriz

Si se compara la elevación de las cabeceras del valle de Nilahue con la del valle de Santa Cruz al otro lado del cerro de La Lajuela (Figura E-2), se puede apreciar que son del mismo orden y que el primero parece continuar la pendiente preponderante del segundo, en el sentido este-oeste. Esto significa que la zona de Nilahue presenta buenas condiciones para un abastecimiento de agua por gravedad bastante simple y directo desde el Estero Chimbarongo.

No sucede lo mismo con el área principal de Alcones, en la cual sus cabeceras tienen elevaciones del orden de 20 metros sobre el valle de Santa Cruz en la zona de Peralillo. Para esta área es necesario en consecuencia un canal de abastecimiento bastante largo desde el Estero Chimbarongo para obtener la elevación necesaria del agua. Teniendo en



**SIMBOLOGIA**

- OBRAS DE CAPTACION
- ESTACION DE BOMBA
- TUNELES
- CANALOS
- SIFONES
- PUENTES
- CANAL EXISTENTE
- CANAL ESQUEMA A
- CANAL ESQUEMA B
- CANAL ESQUEMA C
- CANAL ESQUEMA A-1
- 170 ELEVACION
- AREAS ABASTECIDAS POR EL SISTEMA DE CANALES MATRICES
- RINCONADAS DOMINADAS POR LOS CANALES MATRICES (DDRY Y YAQUIL CAÑATEN)

REPUBLICA DE CHILE  
 COMISION NACIONAL DE RIEGO  
**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

**ZONAS DE NILAHUE Y ALCONES**  
 LOCALIZACION DE ALTERNATIVAS DE  
 CANALES MATRICES

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
 TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

cuenta las elevaciones de las áreas a ser regadas y los costos necesarias de captación para abastecer de manera económica la mayor parte de dichas áreas, se encuentra que una bocatoma apropiada para abastecer a Alcones debería estar localizada cerca de 10 km Chimbarongo arriba con respecto a la necesaria para Nilahue.

No obstante lo anterior, el hecho de que el área de Alcones requiera una conducción matriz más larga y esté localizada Chimbarongo abajo con respecto a la de Nilahue, induce a considerar la posibilidad de un sistema de abastecimiento común para los dos sectores.

Con base en esta última consideración y con el criterio de un desarrollo integrado y simultáneo para estas áreas, la Dirección de Riego propuso un sistema de abastecimiento con un solo canal matriz para las dos zonas, adoptando en un comienzo un esquema según el cual toda el agua cruzaba el túnel La Lajuela y el suministro a Alcones se hacía a través de Nilahue. Posteriormente este esquema fue cambiado por otro, que es su proyecto actual y que conduce el agua para Alcones sin pasar por dicho túnel; éste se ha denominado en el presente estudio "Esquema A" y el primero, "Esquema A-1". Estos dos esquemas se describen a continuación.

#### Esquema A (definitivo de la Dirección de Riego).

En esta solución se parte con un canal matriz de 23,3 km de longitud que se deriva del Estero Chimbarongo mediante una bocatoma ubicada en el sitio denominado Uva Blanca. Al llegar a La Lajuela el canal se divide en dos ramales: uno conduce el agua para la zona de Nilahue a través de un túnel; el otro llamado Yáquil-Cañetén, trazado por la ladera occidental del valle de Santa Cruz, acarrea el agua para el suministro a Alcones. Esta solución contempla también abastecer en su trazado 1.605 ha de rinconadas. Tanto ésta como las otras alternativas consideran un aporte de  $4,4 \text{ m}^3/\text{seg}$  al Estero Las Toscas con el objeto de que éste pueda abastecer satisfactoriamente las áreas que sirve, las cuales sufren actualmente de deficiencias de agua.

#### Esquema A-1

Esta alternativa considera hasta el sitio de La Lajuela un canal matriz idéntico al descrito para la solución A. De este punto parte un túnel que penetra en la Zona de Nilahue; el suministro a Alcones se efectúa entonces a través de Nilahue para lo cual se requiere de un largo túnel que comunica los valles de Nerqui-hue y Pumanque. Para abastecer las 1.605 ha de rinconadas, este esquema requiere de un canal que parte también del sitio de La Lajuela.

Como alternativas de estas soluciones integradas, se plantearon en el presente estudio esquemas que buscan independizar los sistemas de suministro para Nilahue y Alcones; estos esquemas que se denominaron "B y C", se describen en lo que sigue.

## Esquema "B" (esquema mixto gravitacional y bombeo)

Este esquema considera un canal matriz para la Zona de Nilahue con 10,3 km de longitud incluido el túnel de La Lajuela, que parte del Estero Chimbarongo en el mismo sitio en el que actualmente derivan los canales Población y Santa Rosa, aprovechando como bocatoma la barrera construida en el río para las captaciones de los canales mencionados, con algunos mejoramientos.

El canal matriz para Nilahue capta el agua necesaria para ambas zonas y lo conduce por un tramo de 4,7 km hasta el Estero Las Toscas, al cual descarga el caudal correspondiente a Alcones, además del ya citado que dicho estero requiere. El agua destinada a Alcones es transportada por el estero en un trayecto de cerca de 30 km y luego captada nuevamente y conducida por un canal de 7,1 km hasta una estación de bombeo donde es elevada hasta otro canal de 20,2 km con trazado idéntico al tramo final del canal Yáquil-Cañetén del Esquema A. Investigaciones de campo demostraron que el Estero Las Toscas tiene capacidad suficiente para transportar el caudal que requiere Alcones.

## Esquema C (esquema gravitacional)

Este esquema considera un suministro gravitacional independiente para las zonas de Nilahue y Alcones. El suministro a Nilahue se hace a través de un canal matriz con trazado igual al descrito en el Esquema B, pero con caudales correspondientes a Nilahue (y Las Toscas) solamente. El suministro a Alcones se efectúa a través de un canal matriz separado, que tiene el mismo trazado y localización de los canales Matriz y Yáquil-Cañetén del Esquema A.

Las bases para la determinación de los caudales de los canales en cuanto a tasas de riego, pérdidas por infiltración y horas de operación, se explican en la Sección 3 de este Capítulo. El factor de reducción de caudales por concepto del reuso del agua, que se aplica únicamente a los canales matrices, ya que es únicamente a nivel zonal donde claramente pueden identificarse las áreas que potencialmente pueden servirse con agua sobrante del riego o provenientes de pérdidas en caudales de áreas superiores se estimó en 20% para Nilahue y 25% para Alcones, en la etapa de desarrollo total de dichas zonas.

Para los tramos de canales matrices trazados en el valle de Santa Cruz, en el cual se pueden presentar niveles freáticos altos, se consideraron canales en tierra, con protecciones en enrocado en los trayectos donde se han encontrado suelos erosionables. Los tramos restantes, en su mayor parte trazados a media ladera con pendientes fuertes, se consideraron revestidos con hormigón, en concordancia con los criterios utilizados por la Dirección de Riego en su proyecto, y debido a que una comparación económica con canales en tierra dio sólo pequeñas diferencias en los costos anuales en favor de estos últimos. Ello se debe a que las mayores inversiones necesarias para el revestimiento se compensan por la mayor incidencia de excavación en roca y los mayores costos anuales de mantenimiento del canal en tierra.

La localización de todas las soluciones descritas se muestra en la Figura E-2; sus características principales están indicadas en el Cuadro E-3.

### 6.3.3 Inversiones requeridas

En el Cuadro E-4 se presentan las inversiones iniciales necesarias para cada alternativa estudiada. Se han diferenciado las requeridas para abastecer cada zona y las totales. Como la Zona de Nilahue se encuentra más cerca de la bocatoma para cualquier solución común, en los costos para abastecerla se encuentran incluidos también los correspondientes a los de captación y conducción de los caudales para Alcones.

### 6.3.4 Análisis de los esquemas alternativos

Después de un análisis de las características físicas y técnicas de las cuatro alternativas planteadas para el sistema de canales matrices, y de una comparación de las inversiones iniciales requeridas para cada una, pueden formularse las siguientes consideraciones para la selección del esquema a recomendar:

- Debido a su localización más favorable y a las elevaciones medias más bajas del área a desarrollar, el sistema matriz para abastecer a Nilahue es considerablemente más corto y más económico que aquel para Alcones, en cualquiera de los esquemas estudiados. Esta consideración es de la mayor importancia si el desarrollo del Proyecto se realiza en forma escalonada.
- Por la misma razón anterior, dentro del orden lógico de construcción, es preciso en tres de los cuatro esquemas, ejecutar parcial o totalmente los matrices para Nilahue si se quiere abastecer a Alcones. Debido a esto se han presentado los cuadros con este orden y en los costos correspondientes a Alcones no se han considerado los que cargarían a este sector si no se tuviera en cuenta el abastecimiento a Nilahue. Esto quiere decir que si se plantearan estos esquemas a la inversa, los costos de Alcones deberían incrementarse, y los de Nilahue reducirse correspondientemente, casi a cero en las Alternativas A - A-1.
- Si se comparan las inversiones totales necesarias para cada esquema se encuentra que con excepción de la Solución B que es la más baja, las otras tres son del mismo orden de magnitud y las pequeñas diferencias entre una y otra no alcanzan a ser argumentos suficientes para sustentar conclusiones.

Por otra parte, en la Solución B su baja inversión se contrapea con sus altos costos anuales de energía para bombeo. Por lo tanto la comparación definitiva debe basarse en los costos totales anuales.

- Al considerar la interdependencia entre los sistemas matrices de Nilahue y Alcones se puede afirmar con bastante aproximación que las cuatro alternativas se reducen a dos:

Cuadro E-3: Alternativas del sistema de canales matrices - características principales

Esquema alternativo	Suministro a la Zona de Nilahue					Suministro a la Zona de Alcones				
	O b r a	Longitud (km)		Caudal		O b r a	Longitud (km)		Caudal	
		Total canal	Túneles	Tramo (km)	m <sup>3</sup> /seg		Total canal	Túneles	Tramo (km)	m <sup>3</sup> /seg
A	Canal Matriz Dirección de Riego	24,4	1,9	6,4	60,1 <sup>(1)</sup>	Canal Yáquil-Cañetén	54,4	4,4	24,9	29,3
				16,9	55,7 <sup>(1)</sup>				19,3	27,7
									3,2	25,8
									0,8	20,0
								6,2	18,3	
A-1	Canal Matriz Dirección de Riego	24,4	1,9	6,4	60,1 <sup>(1)</sup>	Canal Callihue-Pumanque	48,6	6,5	33,0	25,8
				16,9	55,7 <sup>(1)</sup>				12,3	8,5
									1,5	2,3
									22,0	1,0
								Canal Rinconadas Sur (para abastecer 920 ha que en los otros esquemas alimenta el Canal Yáquil-Cañetén)		
B	Canal Matriz Nilahue (con suministro al Estero Las Toscas del caudal para Alcones).	10,3	1,5	4,7	60,1 <sup>(1)</sup>	Canal aducción a bombeo Alcones	7,1	-	7,1	29,7
				5,6	26,4	Estación de bombeo, con altura de elevación 48 m				29,7
						Tramo final canal Yáquil-Cañetén	20,2	1,5	10,0	27,7
						Canal Rinconadas Norte (para abastecer 1.605 ha que en otros esquemas alimenta el canal Yáquil-Cañetén)	30,4	2,4	11,1	2,0
									15,5	1,0
							3,8	0,4		
C	Canal Matriz Nilahue	10,3	1,5	4,7	30,8	Canal Matriz Dirección de Riego (con caudal para Alcones solamente)	23,3	0,8	23,3	29,3
				5,6	26,4					

(1) Están incluidos los caudales para la Zona de Alcones

Cuadro E-4: Inversiones iniciales necesarias en los esquemas alternativos de canales matrices  
(en miles de PUS\$)

Esquema alternativo	Suministro a Nilahue		Suministro a Alcones		Inversión total
	Obra	Inversión	Obra	Inversión	
A	Canal Matriz Dirección de Riego	13.121	Canal Yáquil-Cañetén	20.359	33.480
A-1	Canal Matriz Dirección de Riego	13.121	Canal Callihue-Pumanque	20.608	35.166
			Canal Rinconadas Sur	<u>1.437</u>	
			Subtotal	22.045	
B	Canal Matriz Nilahue	4.026 <sup>(1)</sup>	Canal aducción a bombeo Alcones	2.116	24.568
			Estación de bombeo Alcones	8.282	
			Tramo final canal Yáquil-Cañetén	7.137	
			Canal Rinconadas Norte	<u>3.007</u>	
			Subtotal	20.542	
C	Canal Matriz Nilahue	3.509	Canal Matriz para Alcones	8.788	32.656
			Canal Yáquil-Cañetén	<u>20.359</u>	
			Subtotal	29.147	

(1) El sobre costo de este Canal Matriz con respecto al de la Solución C se debe a que en su tramo inicial debe transportar los canales correspondientes a Alcones.

La A y la A-1 por una parte, que siguen el concepto integrado y para las cuales la construcción del canal matriz conlleva inversiones asignables tanto a Nilahue como a Alcones, aunque se trate del desarrollo de sólo una de las dos áreas. Podría pensarse en construir el canal inicialmente con una capacidad parcial, para ampliarlo posteriormente cuando fuera necesario, pero está demostrada la marginalidad de los costos iniciales de construcción de un canal de mayor capacidad frente a los sobrecostos excesivos y las complicaciones inherentes a cualquier ampliación de un canal.

Los Esquemas B y C, por otra parte, constituyen soluciones que prácticamente independizan los dos sistemas de suministro. Sólo en la Solución B un tramo corto del Canal Matriz para Nilahue debe conducir el caudal correspondiente a Alcones, pero en este caso las obras e inversiones involucradas en este tramo común son tan pequeñas que su inclusión o exclusión de una primera etapa - si se considera un desarrollo escalonado del Proyecto - no pesaría significativamente. Esta separación de los sistemas matrices conlleva una gran ventaja, al reducir las inversiones de la primera etapa a las estrictamente necesarias, especialmente si se opta por desarrollar primeramente la zona de Nilahue. En efecto, si se comparan en el Cuadro E-4 las inversiones que para esta área requieren los sistemas matrices de las soluciones A y A-1 con las B y B-1, se encuentran que las dos últimas tienen costos de menos de la tercera parte con respecto a las primeras.

### 6.3.5 Desarrollo escalonado

De acuerdo con lo explicado en el Capítulo F, la magnitud de las áreas de Nilahue y Alcones hace inevitable un desarrollo de las mismas al menos en dos etapas. Por consiguiente es necesario enfocar la presente comparación partiendo de un desarrollo escalonado, por lo que pierde relevancia la comparación de inversiones totales y se hace importante analizar cómo se ajusta cada esquema a esta implementación gradual.

Es importante señalar a este respecto que el hecho de que las Soluciones B y C consideren esquemas matrices separados, que hacen más viable un desarrollo escalonado, no implica unas soluciones totales más costosas: en el Cuadro E-4 puede apreciarse que estos dos esquemas tienen las inversiones totales más bajas. También tienen ventaja estas soluciones para el caso hipotético de que se desarrolle Alcones primero que Nilahue: el costo de esta primera etapa sería de cerca de 32 millones de dólares en el Esquema A, (se ha sustraído el costo del túnel La Lajuela), 35 millones en el A-1, 20 millones en el B y 28 millones en el C.

Es necesario ahora comparar las Soluciones B y C, que han demostrado ser las más económicas y convenientes para el desarrollo gradual que se propone para Nilahue y Alcones. Al comparar las inversiones se tiene que para un desarrollo inicial de Nilahue, las soluciones son prácticamente equivalentes, pero al considerar las inversiones totales, estas son apreciablemente más bajas en la B; sin embargo, debido al hecho de considerarse bombeo en el Esquema B, una comparación adecuada debe realizarse con base en costos anuales.

Ahora bien, se presentan en esta evaluación dos factores de incertidumbre que pueden hacer difícil obtener resultados concluyentes, a menos de demostrarse que para todos los casos, una de las soluciones es siempre la más económica: las tasas de interés para amortización del capital no se pueden conocer con exactitud, y para los costos del kilovatio-hora se prevén alzas cuyo monto no es pronósticable actualmente. En la evaluación se encontró que aún en las condiciones más desfavorables para la Alternativa C, ésta resulta con los costos anuales totales más bajos, como lo ilustran las cifras que se presentan en el Cuadro E-5.

Cuadro E-5: Costos anuales de los Esquemas B y C de canales matrices

	Esquema B		Esquema C	
	Intereses 9%	Intereses 17%	Intereses 9%	Intereses 17%
<u>Suministro a Nilahue</u>				
Amortización e interés	374.257	685.628	326.197	597.583
Operación y mantenimiento	80.520	80.520	70.180	70.180
S u b t o t a l	454.777	766.148	396.377	667.763
<u>Suministro a Alcones</u>				
Amortización e interés	1.992.823	3.535.433	2.709.505	4.963.734
Operación y mantenimiento	410.840	410.840	567.180	567.180
Energía para bombeo	1.697.350	1.697.350	---	---
S u b t o t a l	4.101.013	5.643.623	3.276.685	5.530.914
T o t a l	4.555.790	6.409.771	3.673.062	6.198.677

Esta comparación, no obstante, es un poco simplista debido al hecho de que se consideran simultáneos los costos de construcción y de energía, cuando en realidad estos últimos solo se producen cuando ya las obras están listas y el Proyecto entra en operación. Este aspecto que mejora, en relación a las cifras dadas, la posición de la Solución B, con bombeo, con respecto a la C, no se considera suficiente para compensar la diferencia, especialmente si se tiene en cuenta que estas cifras se refieren a valores constantes del costo de la energía, sobre el cual se esperan alzas de importancia.

Sin embargo, si por eventos imprevistos llegaren a modificarse en un futuro las relaciones de costos anuales de las dos soluciones, haciendo más atractiva la B para el abastecimiento de Alcones, con sólo pequeñas modificaciones del canal matriz de Nilahue en el Esquema C, sería posible esta modificación del plan.

### 6.3.6 Conclusiones

Con base en las consideraciones anteriormente expuestas, recomendamos adoptar el Esquema C de canales matrices independientes y por gravedad, para el suministro de agua a los sectores de Nilahue y Alcones. En resumen, las razones en que se apoya esta recomendación son las siguientes:

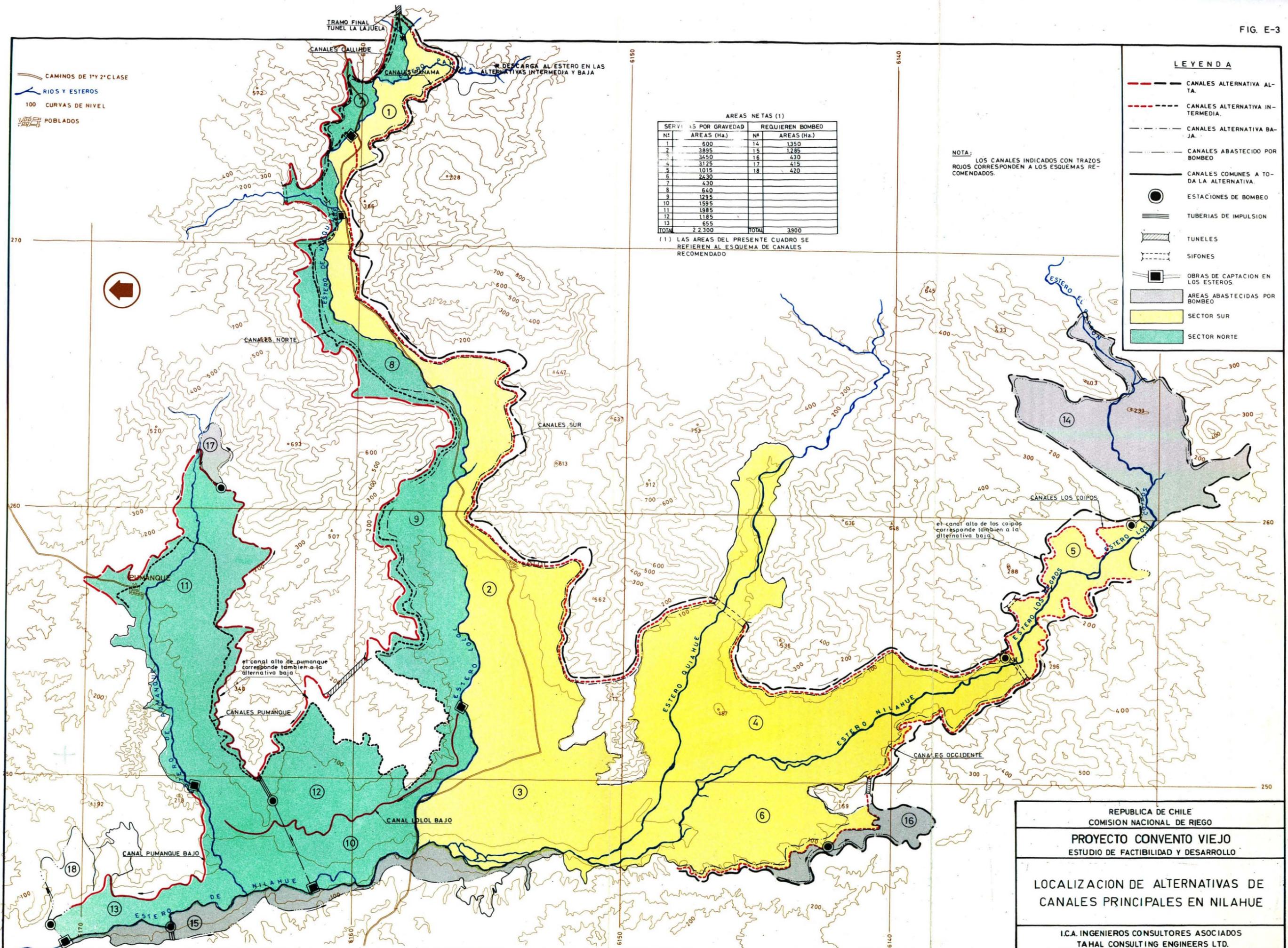
- a) Resultó ser la alternativa con los costos totales anuales más bajos para cualquier variación previsible de tasas de interés o de costos de energía.
- b) En concordancia con las conclusiones del Capítulo F, sobre la necesidad de un desarrollo escalonado, con el área de Nilahue en primera etapa, la Solución C es la que requiere las más bajas inversiones y las obras de ingeniería más simples y fáciles para esta primera etapa.
- c) Con referencia a las inversiones totales, o sea sin considerar los efectos de un desarrollo escalonado, la Solución C es sólo más alta que el Esquema B, pero este contempla un bombeo de grandes proporciones que contrapesa totalmente su más bajo costo.
- d) En caso de que en un futuro, por eventualidades imprevistas en los costos de energía y de construcción, se opte por un desarrollo en segunda etapa para Alcones con bombeo parcial o total, la parte del Esquema C ya construida sería completamente compatible con esta opción.

## 6.4 Red de canales principales de Nilahue

### 6.4.1 Características de la zona

La Zona de Nilahue (Figura E-3) presenta una configuración bastante alargada y angosta con un valle principal, el del estero Nilahue, que se extiende de Sur a Norte y cuatro valles menores, los de Pumanque, Lolol, Quiahue y Los Coipos que con pendientes Este-Oeste drenan hacia él. La cota de entrega de los canales matrices con respecto al área de riego es tal, que los canales principales pueden dominar gravitacionalmente la mayor parte de la zona y aún caben alternativas con canales más bajos y que reducen sólo ligeramente el área dominada. Por estas características parte de sus canales se desarrollan a media ladera. Sin embargo, dada la configuración de esta zona, una red de canales principales que pueda dominar por gravedad la mayor parte del área cultivable resulta de una longitud apreciable.

Por otra parte, la topografía de los valles es tal que por lo general la pendiente en el sentido perpendicular a los esteros, cambia bruscamente en sus contornos, en los cuales unos pocos metros de diferencia en la elevación de un canal pueden modificar apreciablemente sus volúmenes de corte y terraplén y sus costos, especialmente si está involucrada la excavación en roca.



AREAS NETAS (1)

SERVIOS POR GRAVEDAD		REQUIEREN BOMBEO	
Nº	AREAS (Ha.)	Nº	AREAS (Ha.)
1	600	14	1350
2	3895	15	1285
3	3450	16	430
4	3175	17	415
5	1015	18	420
6	2430		
7	430		
8	640		
9	1295		
10	1595		
11	1985		
12	1185		
13	655		
TOTAL	22.300	TOTAL	3900

(1) LAS AREAS DEL PRESENTE CUADRO SE REFIEREN AL ESQUEMA DE CANALES RECOMENDADO

NOTA: LOS CANALES INDICADOS CON TRAZOS ROJOS CORRESPONDEN A LOS ESQUEMAS RECOMENDADOS.

**LEYENDA**

- CANALES ALTERNATIVA ALTA.
- - - CANALES ALTERNATIVA INTERMEDIA.
- CANALES ALTERNATIVA BAJA.
- CANALES ABASTECIDO POR BOMBEO
- CANALES COMUNES A TODA LA ALTERNATIVA
- ESTACIONES DE BOMBEO
- TUBERIAS DE IMPULSION
- TUNELES
- SIFONES
- OBRAS DE CAPTACION EN LOS ESTEROS
- AREAS ABASTECIDAS POR BOMBEO
- SECTOR SUR
- SECTOR NORTE

REPUBLICA DE CHILE  
 COMISION NACIONAL DE RIEGO  
**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO  
  
**LOCALIZACION DE ALTERNATIVAS DE**  
**CANALES PRINCIPALES EN NIHAHUE**  
  
 I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
 TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

Existen además áreas extremas o muy altas, que no pueden ser dominadas por la red de principales, algunas de ellas por limitación de la cota de entrega de los canales matrices, pero las más debido a que se encarecería desproporcionalmente el costo de la red principal, si se quisiera sobreelevar más los canales. Estas áreas pueden ser abastecidas mediante bombeo.

Se tiene entonces en juego al analizar las alternativas de canales principales una evaluación que debe equiparar las mayores áreas dominadas gravitacionalmente de las soluciones más altas, con las menores inversiones de las más bajas, así como los bombeos necesarios que son mayores en estas últimas.

Se llevó a cabo un estudio técnico-económico comparativo para determinar cual es el sistema de canales principales más conveniente y se compararon inversiones para definir si se justifica incluir las áreas con bombeo en el plan de desarrollo y si resulta positivo construir los canales con una capacidad tal que puedan abastecer estas áreas altas.

#### 6.4.2 Descripción de las alternativas (Figura E-3)

Por la forma alargada de la zona, desarrollada por los angostos valles de los esteros, no caben soluciones alternativas en cuanto a la configuración general de la red de canales principales, que forzosamente deben desarrollarse por los dos costados de los valles. Las posibles variaciones se plantean con respecto a las elevaciones que pueden tener los canales y según éstas, las superficies que pueden dominar frente a aquéllas que requerirían de un bombeo para su abastecimiento.

El Canal Matriz entrega a la Zona de Nilahue a través del túnel de La Lajuela, a partir del cual, o unos pocos kilómetros aguas abajo según la solución, un canal conduce el agua hacia el sur del estero Nerqui-hue-Lolol y otro hacia el norte del mismo, desarrollándose estos dos canales en forma completamente independiente y dominando áreas diferentes. Por esta razón, cada alternativa en elevación para los canales tiene sus sectores norte y sur completamente diferenciables y de esta manera han sido descritos.

La parte noroeste de Nilahue, que es la más baja, no es dominable gravitacionalmente en forma técnica ni económica por los canales principales, ya que estos requerirían de alargamientos excesivos, incrementos de su elevación y sobrecapacidades no justificables para áreas tan reducidas. Tampoco la topografía permite la captación directa de los esteros para servirlos. Son áreas marginales, que sólo pueden ser abastecidas por bombeo desde el bajo Nilahue y por lo tanto son independientes del esquema de canales principales que se adopte. Constituyen un tercer sector, que se ha denominado bajo y que es igual para cualquier solución de red principal que se estudie.

La conformación cerrada de la zona hace que forzosamente las aguas de retorno de riego y las que se pierden por infiltración en los canales, alimenten aguas abajo a los esteros, abriendo así la posibilidad de reusar esta agua lo que significa mejorar la eficiencia global de la zona.

Con este concepto se buscó, en todas las alternativas estudiadas, el planteamiento de canales que captasen de los esteros en las partes medias y bajas del área. Las condiciones topográficas permitieron esto, sólo en dos casos, los de los canales Lolol Bajo y Pumanque Bajo, que tienen sus captaciones en los esteros del mismo nombre (Figura E-3). También las áreas de 15 y 18, que constituyen el sector bajo mencionado en el párrafo anterior tienen el mérito de poderse abastecer prácticamente en forma completa con agua de retorno, mejorando la constante de reuso de la zona.

Se analizaron en forma completa tres alternativas de red principal, denominadas alta, intermedia y baja, por la elevación relativa de sus canales. Estas se describen a continuación.

a) Alternativa Alta

En esta solución el criterio fue el de aprovechar la cota de entrega del túnel La Lajuela a la zona, de 161,30 m, para desarrollar canales de contorno que dominen la mayor parte del área. Del túnel parten dos canales que a cada costado del valle de Lolol abastecen los sectores Sur y Norte del área en forma independiente.

Se estudió también una variante a esta alternativa, con cota de partida de los canales unos 20 m más alta, compatible con alternativas de esquemas de canales matrices que consideran entrega del agua a la zona a esta elevación. Sin embargo, se encontró que este aumento de cota tiene poca significación en cuanto a aumento del área dominada y aunque permite considerar canales con más pendiente y secciones menores, resulta en inversiones por hectárea considerablemente más altas. Ello se debe a que los volúmenes de excavación, especialmente en roca, aumentan fuertemente, porque el canal se desarrolla por trayectos con pendientes transversales muy altas. Por estas razones, esta solución fue descartada.

En el sector Sur, la solución alta considera el Canal Sur con una longitud total de 85,9 km. En su punto final se bifurca en dos ramales: el canal de Los Coipos con 53,5 km, que continúa por la misma ladera del valle, y el canal Occidente con 51,6 km, que cruza el estero de Nilahue por un sifón para abastecer el sector poniente de este valle.

En el sector Norte, el Canal Norte con 50,5 km termina en el punto donde se inicia el canal Pumanque, de 36 km, que cruza el cerro La Quisca por un túnel de 1,8 km para llevar el agua al valle de Pumanque. También pertenecen a este sector Norte los canales Lolol Bajo, de 15,2 km y Pumanque Bajo, de 11,1 km, mencionados anteriormente, que captan el agua directamente de los esteros del mismo nombre.

En resumen, este esquema tiene en el sector Sur, 191,2 km de canales principales que dominan 16.687 ha netas y en el Norte 112,8 km para 7.795 ha. En estas longitudes no se incluyen las de los canales previstos en las zonas de bombeo.

## b) Alternativa Baja

La solución baja considera como criterio básico que el agua es vertida al estero Nerquihue-Lolol y captada de éste, tanto hacia el sector Sur como hacia el Norte, con canales que, si bien dominan áreas menores y por lo tanto presentan mayores requerimientos de bombeo que en soluciones más altas, requieren de inversiones iniciales menores, aún considerando las sobrecapacidades necesarias para alimentar estos bombeos. Dos excepciones dentro del criterio de esta alternativa la constituyen los canales de Panamá de 21,8 km y Callihue de 10 km, que reciben el agua directamente del túnel La Lajuela a la cota 161,3 m y aprovechan esta cota disponible para abastecer las áreas extremas orientales de los sectores Sur y Norte respectivamente, que no alcanzan a dominar los canales más bajos.

Por limitaciones de cota de agua en los canales, el área de Los Coipos, al extremo Sur, debe ser alimentada por bombeo en esta solución.

El Canal Sur de esta alternativa con 72,7 km, termina en un sifón que cruza el estero Nilahue y que da inicio al Canal Occidente, con 25 km.

En el sector Norte, el Canal Norte con 21,8 km tiene su captación un poco más abajo de la entrada del estero Callihue en el Nerquihue y abastece la ladera derecha de los esteros Nerquihue-Lolol. El área de Pumanque, comparativamente alta en relación con los niveles de los esteros de Lolol y Nilahue, se consideró abastecida mediante una estación de bombeo que recibe el agua por un canal de aducción derivado del estero Nilahue y que eleva el agua a dos ramales del canal Pumanque que domina el área. El aspecto favorable de este bombeo es que hace posible utilizar la mayor parte del agua de retorno de la zona, mejorando notablemente la eficiencia del sistema; además, se podrían aliviar los problemas de drenaje y de niveles freáticos altos que se esperan al norte de la zona, una vez que ésta se encuentre bajo riego. Se tienen finalmente los canales de Lolol Bajo y Pumanque Bajo, que captan los esteros como se explicó antes y que son idénticos a los de las otras alternativas.

La longitud total de canales en la solución baja es de 119,5 km en el sector Sur, donde dominan 12.683 ha, y de 58,1 km en el sector Norte, para un área dominada de sólo 3.813 ha. En estas longitudes no se incluyen los canales necesarios en las áreas servidas por bombeo.

## c) Alternativa Intermedia

Partiendo de las dos alternativas descritas, que vienen a ser como posiciones extremas, se planteó una solución intermedia en la que se trató de encontrar un término de equilibrio para el cual se redujeran en lo posible los costos del sistema alto, pero sin disminuir en forma apreciable las áreas dominadas.



En este esquema, al igual que en la alternativa baja, sólo los canales de Panamá, en el sector Sur y de Callihue en el Norte, derivan sus aguas directamente y a la elevación de entrega del túnel La Lajuela. Estos canales tienen el mismo trazado y cotas que en la solución baja, aunque son un poco más cortos y dominan menos agua. La mayor parte del caudal aportado por el sistema matriz es conducido por un canal de 0,85 km a la quebrada de Los Cardos, que con el estero Panamá forman el Nerquiue, denominado Lolol más abajo, del cual se captan nuevamente las aguas en un mismo sitio para los sectores Sur y Norte, unos pocos kilómetros aguas arriba de la entrada del Estero Callihue.

El Canal Sur que deriva del estero, tiene una longitud de 60,2 km y en su punto final se bifurca en los canales de Los Coipos, con 26,5 km, y Occidente, con 26,5 km, en forma análoga a la solución alta, aunque en este caso los canales por tener menor elevación, son más cortos y dominan áreas menores. La diferencia de áreas entre las dos soluciones debe ser abastecida por bombeo.

El Canal Norte, con 47 km y captación del estero en el mismo sitio que el Canal Sur, abastece la ladera Norte del valle de Lolol; el canal Pumanque, que es la continuación del Canal Norte, rodea el cerro La Quisca, que en la solución alta se cruza con un túnel, y conduce el agua al valle de Pumanque. Los canales Lolol Bajo y Pumanque Bajo, como se ha mencionado, son iguales a los de las otras soluciones.

En total los canales que abastecen gravitacionalmente el área en esta alternativa, son 126 km para el Sector Sur, con un área de 14.515 ha, y 114,8 km para el Sector Norte, con 7.385ha.

El Cuadro E-6 presenta las principales características de los tres esquemas en relación con las áreas dominadas gravitacionalmente por la red de canales, diferenciado para cada caso los sectores Norte y Sur. Los caudales se refieren a los necesarios para irrigar toda la zona, o sea incluyendo los de los sectores que requieren bombeo.

Las pendientes transversales medias mostradas en este cuadro son un indicativo del grado de complicación que encierra la construcción de un canal y de su costo, ya que con mayores pendientes aumentan los volúmenes de excavación, la proporción de excavación en roca y el número de estructuras de cruce de drenajes y esteros.

Los sectores altos que están fuera de la influencia gravitacional de los canales, se identificaron en los estudios agrológicos con suelos por lo general de buena calidad y su superficie, lógicamente, es mayor para las soluciones más bajas. En el Cuadro E-7 se detallan estas áreas para cada esquema de canales.

Cuadro E-6: Zona de Nilahue - Descripción de alternativas del sistema de canales principales

Esquema Alternativo	Sector	Canal	Tramo	Caudal inicial m <sup>3</sup> /seg	Pendiente transversal media (%)	Longitudes (km)			Áreas netas dominadas por Gravedad(na)						
						Tramo	Canal	Total	Tramo	Canal	Total	Total Nilahue			
Alto	Sur	Sur	1	22,1	17	24,5			1.250						
			2	19,8	26	15,2			1.636						
			3	17,3	25	16,9			4.110						
			4	12,6	34	8,9			1.010						
			5	11,2	30	20,4	85,9		3.456	11.462					
		Los Coipos	1	3,9	26	24,7			1.183						
			2	1,9	38	28,8	53,5		1.182	2.365					
			Occidente	1	4,8	15	29,4			1.246					
				2	2,1	16	15,9			1.245					
				3	0,5	28	6,5	51,8	191,2	369	2.860	16.687			
	Norte	Norte	1	8,4	22	17,2			430						
			2	7,4	22	14,7			640						
			3	6,3	23	10,6	50,5		1.295	2.365					
		Pumanque	1	4,5	24	7,4			1.185						
			2	3,1	14	22,6	36,0		1.985	3.170					
		Pumanque Bajo	1	0,9	6	11,1	11,1		655	655					
		Lolol Bajo	1	2,0	4	7,8			850						
			2	0,9	3	7,4	15,2	112,8	745	1.595	7.785	24.472			
		Bajo	Sur	Panamá	1	1,1	15	21,8	21,8 ✓		797	797 ✓			
					Sur	1	19,9	10	36,0			3.425 ✓			
2	15,2					15	18,9			3.129 ✓					
Occidente	3			11,0	10	17,8	72,7		3.396 ✓	9.950 ✓					
	1			2,5	9	19,0			968						
	2			1,2	4	6,0	25,0	119,5	968	1.936	12.683				
Norte	Callihue		1	0,6	19	10,0	10,0		430	430 ✓					
			1	2,4	5	10,0			423						
	Norte		2	1,7	10	11,8	21,8 ✓		1.365	1.788 ✓					
			1	0,9	6	11,1	11,1		655	655 ✓					
	Lolol Bajo		1	2,0	4	7,8			850						
			2	0,9	3	7,4	15,2	58,1	745	1.595	4.468	17.151			
Intermedio	Sur		Panamá	1	0,8	11	12,8	12,8		600	600				
				Sur	1	19,9	10	36,8			3.895				
					2	14,3	9	7,0			3.450				
			Los Coipos	3	10,5	14	17,2	60,2		3.125	10.470				
		1		2,2	17	12,5			507						
		Occidente	2	0,8	16	14,0	26,5		508	1.015					
			1	3,6	10	20,5			1.400						
	Norte	Callihue	2	1,7	4	6,0	26,5	126,0	1.030	2.430	14.515				
			1	0,5	19	6,5	6,5		314	314					
		Norte	1	7,7	10	17,0			791						
			2	6,3	17	25,0	42,0		1.295	2.086					
		Pumanque	1	4,4	17	16,5			927						
			2	3,0	10	15,0			1.054						
			3	1,6	4	8,5	40,0		754	2.735					
Pumanque Bajo	1	0,9	6	11,1	11,1		655	655							
Lolol Bajo	1	2,0	4	7,8			850								
	2	0,9	3	7,4	15,2	114,8	745	1.595	7.385	21.900					

Cuadro E-7: Zona de Nilahue - Areas netas que requieren suministro de agua por bombeo para cada esquema de canales principales (ha)

Localización del bombeo	Esquema Alto	Esquema Bajo	Esquema Intermedio
Sector Sur			
- Canal Los Coipos o Sur	-	2.365	1.350
- Canal Occidente	-	924	430
Sector Norte			
- Canal Pumanque	415	-	805
- Estero Nilahue Oriente	-	3.175	-
Sector Bajo Nilahue			
- Estero Nilahue Bajo	420	420	420
- Estero Nilahue Occidente	1.285	1.285	1.285
T o t a l e s	2.120	8.169	4.290

En síntesis las áreas totales servidas por gravedad o por bombeo para los tres esquemas alternativos, se muestran en el Cuadro E-8; las pequeñas diferencias que resultan en los valores totales de las áreas para las tres soluciones, se deben a que hay fajas muy estrechas y alargadas entre los canales altos y los bajos en las cuales no se ha considerado bombeo, ya que son superficies muy pequeñas y se encuentran muy diseminadas; además, en el esquema bajo se han descartado áreas que requieren doble bombeo, pues su abastecimiento resulta excesivamente costoso.

Cuadro E-8: Zona de Nilahue - Areas netas abastecidas por gravedad y por bombeo para cada esquema de canales principales (ha)

Sector y clase de suministro	Esquema Alto	Esquema Bajo	Esquema Intermedio
Sur:			
Gravedad	16.687	12.683	14.515
Bombeo	-	3.289	1.780
Subtotal	16.687	15.972	16.295
Norte:			
Gravedad	7.785	4.468	7.385
Bombeo	415	3.175	805
Subtotal	8.200	7.643	8.190
Bajo:			
Bombeo	1.705	1.705	1.705
Total Esquema	26.592	25.975	26.190

#### 6.4.3 Inversiones y costos anuales de las alternativas

En el Cuadro E-9 se detallan las inversiones iniciales necesarias para cada uno de los principales componentes de los esquemas estudiados, y discriminando entre las áreas abastecidas por gravedad y las abastecidas por bombeo; las cifras presentadas ya incluyen el 20% de imprevistos y el 10% de ingeniería. El cuadro se refiere a las obras requeridas para el suministro a las áreas totales de la zona, inclusive las áreas abastecidas por bombeo. En el párrafo 6.4.5 se examinan los sobrecostos de construcción que se causan en los canales para poder abastecer las áreas de bombeo.

En el Cuadro E-10 se indican los costos por hectárea en cada caso, considerando las áreas servidas por gravedad, por bombeo y totales.

Cuadro E-9: Zona de Nilahue - Inversiones necesarias en los esquemas alternativos de canales principales (miles de PUS\$)

Sector y Obra	Esquema Alto		Esquema Bajo		Esquema Intermedio	
	Obra	Sector	Obra	Sector	Obra	Sector
Sector Sur						
a) Area gravitacional						
Canal Sur	26.216		13.434		10.345	
Canal Panamá	-		539		300	
Canal Los Coipos	2.627		-		672	
Canal Occidente	2.894		865		992	
Subtotal		31.737 ✓		14.838		12.309
b) Area con bombeo						
Los Coipos	-		3.505		1.006	
Occidente	-		594		276	
Subtotal		-		4.099		1.282
Total Sector		31.737 ✓		18.937		13.591
Sector Norte						
a) Area gravitacional						
Canal Norte	6.349		947		5.171	
Canal Callihue	-		242		203	
Canal Pumanque	2.979		-		3.096	
Canal Lolol Bajo	340		340		340	
Canal Pumanque Bajo	234		234		234	
Subtotal		9.902 ✓		1.763		9.044
b) Area con bombeo						
Pumanque	394		-		764	
Estero Nilahue Oriente	-		3.976		-	
Subtotal		394		3.976		764
Total Sector		10.296		5.739		9.808
Sector Bajo						
Bombeo en Occidente						
Estero Nilahue	849		849		849	
Bombeo en Estero Nilahue Bajo	362		362		362	
Total Sector		1.211		1.211		1.211
Total Esquema		43.244		25.887		24.610

Cuadro E-10: Costos por hectárea de la red principal (PUS\$)

	Esquema Alto	Esquema Bajo	Esquema Intermedio
<b>Sector Sur</b>			
Area gravitacional	1.902	1.170	848 ✓
Area de bombeo	-	1.246	724
Costo promedio	1.902	1.186	834
<b>Sector Norte</b>			
Area gravitacional	1.272 ✓	395	1.225
Area de bombeo	949	1.252	949
Costo promedio	1.256	751	1.198
<b>Sector Bajo</b>			
Area de bombeo	710	710	710

En el Cuadro E-11 están demostrados los costos anuales de cada solución, calculados con las mismas bases señaladas para los canales matri- ces.

#### 6.4.4 Recomendaciones y conclusiones

Con base en el análisis de las características físicas, técnicas y operacionales de cada solución y de sus respectivos costos de inver- sión, costos por hectárea y costos anuales, es posible formular las si- guientes recomendaciones en cuanto al esquema de canales principales que debe desarrollarse en la Zona de Nilahue.

- En el sector Sur el esquema más recomendable es el intermedio ya que éste, abasteciendo la mayor parte del área por gravedad, requiere la inversión más baja por hectárea y los menores cos- tos anuales. Los costos del esquema alto son de más del doble con respecto a éste, con una diferencia media de altura entre los canales de sólo 25 metros, lo que indica que con pequeños incrementos de elevación, los costos del canal intermedio au- mentan en forma muy pronunciada. La solución baja, con un cos- to por hectárea y anual mayor que la intermedia, implicaría bom- beo para más de 3.000 hectáreas.
- Para el sector Norte, la solución baja requiere inversiones por hectárea apreciablemente más bajas que las otras soluciones; sin embargo, debido a los altos costos de bombeo que implica, para abastecer a más de 4.000 ha, estas diferencias se reducen apreciablemente al considerar costos anuales, aún sin tomar en

Cuadro E-11: Costos anuales de los esquemas alternativos de canales principales (PUS\$)

Esquema alternativo	Sector	Costos con intereses anuales del 9%				Costos con intereses anuales del 17%				Costo por ha	
		Amortización e intereses	Operación y mantenimiento	Energía para bombeo	Total	Amortización e intereses	Operación y mantenimiento	Energía para bombeo	Total	9%	17%
Alto	Sur	2.950.272	634.740	-	3.585.012	5.404.811	634.740	-	6.039.551	214,8	361,9
	Norte	962.036	205.920	12.742	1.180.698	1.755.610	205.920	12.742	1.974.272	144,0	240,8
	Bajo	125.012	24.220	67.064	216.296	211.822	24.220	67.064	303.106	126,9	177,8
	Total	4.037.320	864.880	79.806	4.982.006	7.372.243	864.880	79.806	8.316.929	137,4	312,8
Intermedio	Sur	1.274.469	271.820	54.722	1.601.011	2.319.500	271.820	54.722	2.646.042	98,3	162,4
	Norte	921.283	196.160	24.716	1.142.159	1.674.554	196.160	24.716	1.895.430	139,5	231,4
	Bajo	125.012	24.220	67.064	216.296	211.822	24.220	67.064	303.106	126,9	177,8
	Total	2.320.764	492.200	146.502	2.959.466	4.205.876	492.200	146.502	4.844.578	113,0	185,0
Bajo	Sur	1.782.277	378.740	148.742	2.309.759	3.234.886	378.740	148.742	3.762.368	144,6	235,6
	Norte	568.339	114.780	395.352	1.078.471	992.885	114.780	395.352	1.503.017	130,0	181,1
	Bajo	125.012	24.220	67.064	216.296	211.822	24.220	67.064	303.106	126,9	177,8
	Total	2.475.628	517.740	611.158	3.604.526	4.439.593	517.740	611.158	5.568.491	138,8	214,4

E-40

cuenta un alza de precios, muy probable, en los costos de energía. Siguiendo el criterio que se ha establecido a lo largo de este estudio, de no recomendar soluciones que contemplen bombeos de cierta magnitud, a menos que sus ventajas técnico-económicas sean muy claras, se considera prudente descartar esta solución.

Entre los esquemas alto e intermedio la comparación de costos no proporciona argumentos válidos para la selección de una u otra, debido a que son muy parejos, y por consiguiente, la selección debe hacerse con base en consideraciones técnicas.

La solución alta presenta la ventaja de que domina más áreas gravitacionalmente y por ende, requiere menos bombeo. Por otra parte, la zona que atraviesan los canales de las dos alternativas, especialmente en su trayecto occidental y norte, presenta según el estudio geomorfológico y las investigaciones de campo realizados, problemas de erodabilidad e inestabilidad potenciales, cuyo origen es el alto grado de meteorización de las formaciones rocosas. Ello puede ocasionar problemas no tanto de construcción sino de mantenimiento, por la formación o profundización de cárcavas y quebradas a consecuencia de las aguas lluvias. En la Sección 7 de este capítulo se exponen las soluciones propuestas para evitar el progreso de estos fenómenos. Desde este punto de vista se considera también más favorable la solución alta, ya que con un túnel de 1,8 km ahorra un trayecto que en la solución intermedia es de más de 20 km en el cerro de La Quisca, una de las zonas más afectadas por los problemas citados; para el túnel, en cambio, de acuerdo con el citado estudio geomorfológico, no son de esperar problemas originados en aspectos geológicos.

Teniendo en cuenta las razones anteriores se considera que para el Sector Norte el esquema alto es el más recomendable.

#### 6.4.5 Áreas que requieren bombeo

Las conclusiones anteriores justifican para el esquema de canales la inclusión de las áreas altas en el plan de desarrollo del Proyecto.

Como resultado de la evaluación afectada acerca de sobrecostos de los canales por aumento de su capacidad, se encontró que las inversiones adicionales necesarias son generalmente marginales para canales localizados en áreas con pendientes suaves, pero se vuelven de importancia en aquellos con pendientes transversales fuertes, además de que cualquier ampliación futura de capacidad en un canal implica costos y complicaciones desproporcionadas en relación a las obras a realizar.

Por otra parte, una sobrecapacidad inicial de los canales es en este caso de todos modos conveniente, pues estos han sido dimensionados de acuerdo con la eficiencia final esperada, la cual al ser al inicio más baja hace requerir para áreas iguales, mayores suministros de agua.

En el Cuadro E-12 se presenta una descripción general de los sistemas de bombeo, suministro de energía y canales de contorno o principales para cada una de las áreas altas, y en el E-13, el resumen de las inversiones iniciales y los costos anuales de energía para las mismas. La localización general de estos sistemas se muestra en la Figura E-3.

Cuadro E-12: Zona de Nilahue - Inversiones y costos anuales de energía para las áreas abastecidas por bombeo (PUS\$)

N° de Sector (1)	Estación bombeo	Línea y subestación	Canal principal	Total	Costo por ha	Costo anual de energía
14	359.291	103.620	542.813	1.005.724	745	45.303
15	399.679	69.300	380.143	849.122	661	47.536
16	142.665	59.400	74.398	276.463	643	9.419
17	231.704	64.680	97.665	394.049	950	12.742
18	228.840	50.160	83.192	362.192	862	19.528
				<u>2.887.550</u>		<u>134.528</u>

(1) Los números de las áreas se refieren a la Figura E-3

#### 6.4.6 Otras posibilidades o fuentes de abastecimiento de agua para Nilahue

Para algunos sectores de Nilahue existen otras fuentes potenciales de suministro de agua o alternativas posibles del esquema de abastecimiento, las cuales fueron analizadas, encontrándose o claramente anti-económicas o de dudosa seguridad con las informaciones disponibles en el momento, según se expone a continuación.

- Los esteros de Los Coipos y de Quiahue, al Sur, tienen cuencas con áreas mayores de 150 km<sup>2</sup>. Pequeños embalses construidos en estos esteros podrían abastecer parcial o totalmente las áreas identificadas con los números 14 y 4 en la Figura E-3 si las condiciones hidrológicas geológicas fuesen propicias; además, podrían tener un favorable efecto regulador de los caudales que en invierno ocasionan problemas de inundaciones en la parte baja del valle de Nilahue. Sin embargo, una evaluación de las posibilidades hídricas de cuencas menores en el área del Proyecto (Anexo XIII), que se debió basar en datos de pluviometría y escorrentía extrapolados y por lo mismo manejados en forma prudencial, indica un rendimiento muy bajo de tales cuencas como para ser económica y técnicamente justificable la construcción de embalses. A este respecto, es de la mayor importancia planear y ejecutar desde ahora un sistema de mediciones y registros en estas áreas, en las que dadas sus características orográficas, los parámetros reales pueden diverger notablemente de los extrapolados. Ello permitirá disponer en la etapa de planificación del Proyecto, de los suficientes elementos de juicio para determinar si existen posibilidades reales de aprovechamiento de las

Cuadro E-13: Zona de Nilahue - Características de las áreas abastecidas por bombeo

N° del Sector (1)	Area neta (ha)	Estación de bombas			Tubería impulsión		Canal aducción	Canal principal	Línea transmisión de 13,2 kV		
		Ob (m <sup>3</sup> /s)	Hb (m)	N°Unid.	L (m)	Ø (m)	L (m)	L (km)	Nueva (km)	Reforzada (km)	Subestación (kVA)
14	1.350	1,7	24,6	4	300	0,50	-	29,3	6	-	750
15	1.285	1,6	27,8	3	500	0,60	-	23,2	5	-	600
16	430	0,55	16,2	3	315	0,40	-	6,3	5,1	-	180
17	415	0,52	22,7	3	321	0,40	-	8,0	5	-	180
18	420	0,52	34	3	252	0,60	600	6,3	3	-	350

(1) Los números de las áreas se refieren a la Figura E-3

cuenas mencionadas, en cuyo caso se deberán comparar los costos de los embalses locales con la reducción en las inversiones de los canales principales y la eliminación de bombeos en el abastecimiento de algunas áreas que así podrían lograrse.

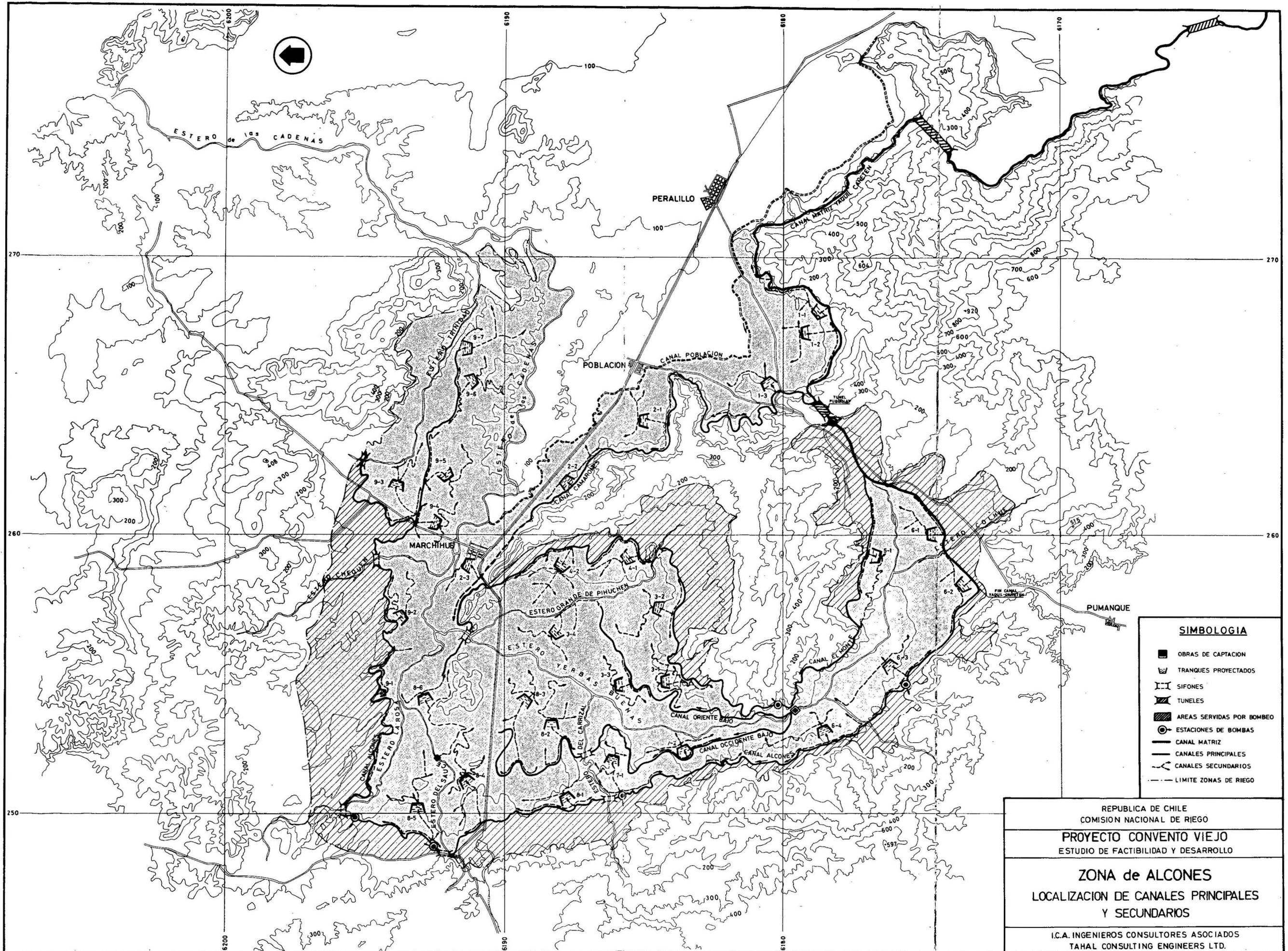
- El valle de Pumanque, al norte de Nilahue, tiene la posibilidad de ser abastecido a través de la zona de Alcones. Estudiada esta alternativa, se encontró que con esta solución el costo por hectárea del sistema de abastecimiento de agua para dicho sector aumentaría en más de PUS\$500. La razón de esto es, como se vió en la Sección 5 de este capítulo, la inversión tan elevada que se necesita para la conducción del agua a Alcones por el sistema matriz.
- Por otra parte, debido a la configuración de la parte baja del valle de Nilahue, y de acuerdo con las conclusiones preliminares del informe sobre aguas subterráneas presentado en el Anexo IV a este Informe, existe un potencial acuífero subterráneo en este sector, el cual se verá reforzado cuando la zona se encuentre bajo riego. Ya las áreas números 15 y 18 (Figura E-3) se han planteado como abastecidas con agua de retorno, pero sólo cuando se disponga de más amplia información hidrogeológica y se conozca el mecanismo real de los fenómenos de retorno y reuso del agua de riego, se podrán plantear los esquemas óptimos de suministro de agua y su incidencia en el posible alivio o solución de los problemas de niveles freáticos altos que existen y que posiblemente se agudicen con el riego.
- Finalmente, existen varios sectores pequeños de Nilahue con riego actual que se sirven con tranques o mediante bombeo de pozos. El área regada con los tranques de Lolol y Nilahue con una seguridad aceptable es de cerca de 350 ha, según la evaluación efectuada por IREN en 1973. Como en total estas superficies son sólo una fracción muy pequeña del área de la zona, no se consideraron en la evaluación de los sistemas principales de riego, ya que no modifican ni sus costos ni las recomendaciones efectuadas.

## 6.5 Red de canales principales de Alcones

### 6.5.1 Características de la zona

La Zona de Alcones (Figura E-4) es también bastante irregular, pero menos alargada y ramificada que la de Nilahue. La mayor parte de su superficie drena a través de los esteros Del Monte y Las Cadenas al Río Tinguiririca. El valle es muy ancho en su parte central.

Por ser la Zona de Alcones en promedio más elevada que la de Nilahue, aún con canales matrices considerablemente más largas queda una extensa área plana y cultivable no dominada por los canales. En efecto, la cota a que se entrega el agua a esta zona es suficiente para dominar gravitacionalmente no más del 35% de su área. Se estudió la posibilidad de localizar aún más arriba la obra de captación en el Estero Chimbarongo, pero se encontró que el aumento de áreas dominadas no compensaba



**SIMBOLOGIA**

- OBRAS DE CAPTACION
- ▨ TRANQUES PROYECTADOS
- ⌈⌋ SIFONES
- ▩ TUNELES
- ▨ AREAS SERVIDAS POR BOMBEO
- ⊙ ESTACIONES DE BOMBAS
- CANAL MATRIZ
- CANALES PRINCIPALES
- - - CANALES SECUNDARIOS
- - - LIMITE ZONAS DE RIEGO

REPUBLICA DE CHILE  
 COMISION NACIONAL DE RIEGO

**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

**ZONA de ALCONES**  
 LOCALIZACION DE CANALES PRINCIPALES  
 Y SECUNDARIOS

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
 TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

el gran incremento de longitud del sistema matriz. Por lo tanto, si se aspira a desarrollar para riego la mayor parte de la zona, es necesario recurrir a bombeos de cierta magnitud. Por otra parte, debido también a la configuración del área y cota de entrega, la mayor parte de los canales principales se desarrolla por terrenos planos, con costos que por lo general son más bajos que los de canales a media ladera.

### 6.5.2 Alternativas del esquema de canales

Debido a lo explicado en el párrafo anterior, y tal como se puede apreciar en la Figura E-4, los canales principales en la mayor parte de su trayecto tienen a sus dos costados áreas aptas para ser regadas, y a diferencia de los que ocurre en Nilahue, donde estos pueden trazarse bordeando los valles, en Alcones los canales por lo general tienen pendientes transversales bajas y su costo prácticamente no se modifica si se utilizan canales aún más bajos. Por lo tanto, no cabe en este sector un planteamiento de alternativas en la red de canales principales similar al efectuado para Nilahue, si bien al igual que en esta zona, un sistema de canales principales debe configurarse forzosamente con conducciones trazadas a cada lado de los valles formados por los esteros.

Con respecto a otras posibilidades de fuentes de agua, tan sólo existen en Alcones tres pequeños embalses, los de Mallermo, Alcones y Carrizal que según las estadísticas de IREN de 1973, abastecen satisfactoriamente con agua de riego a cerca de 400 ha. Como sólo es una fracción mínima del área y no se conoce su real seguridad de riego a la luz de los criterios adoptados en este informe, no se consideraron en el planteamiento del esquema principal de riego, aunque si deben tenerse en cuenta en la etapa de planeamiento final del área.

No existen otras subcuencas dignas de importancia que puedan considerarse como posibles alternativas al suministro de agua propuesto.

### 6.5.3 Descripción de la red de canales principales

Dadas las limitaciones en la cota de entrega del sistema matriz a la zona, se procuró trazar los canales principales conservando elevación, dentro de los criterios aceptables de velocidad mínima, con canales de contorno a cada lado de los valles. Este criterio incide muy poco en los costos de construcción ya que con la gama de pendientes que se ofrece, los volúmenes de excavación varían de modo mínimo y los de relleno prácticamente no cambian. Asimismo, con el objeto de mejorar la eficiencia global de la zona, mediante el riego con agua de retorno, se estudió que canales podían considerarse captando de los esteros en los sectores medio y bajo del área. Sólo en dos casos pudieron ser incluidos canales con esta base en la parte media alta; en la baja, las condiciones topográficas hicieron poco practicable la idea.

Todos los canales se dimensionaron y presupuestaron tanto considerando abastecimiento a las áreas totales, como únicamente a las gravitacionales, para determinar la relación de sobrecapacidad a sobrecosto, importante al hacer la evaluación y justificación del desarrollo de las áreas altas.

En el Cuadro E-14 se presenta la descripción general de la red de canales principales y en el Cuadro E-15, la correspondiente a las áreas servidas por bombeo.

#### 6.5.4 Inversiones, costos por hectárea y costos de bombeo

En el Cuadro E-16 se muestra un resumen de las inversiones necesarias, incluidos los porcentajes correspondientes de imprevistos e ingeniería, para el sistema de canales principales, tanto para abastecimiento de áreas solamente gravitacionales, como de áreas totales.

Del estudio de las sumas mostradas en este cuadro, se deduce que el incremento de costos de la red necesario para aumentar la capacidad de los canales para que puedan abastecer las áreas de bombeo es marginal, si se tiene en cuenta que el área abastecida aumentó en más del 50% con un incremento en el costo de los canales de sólo 10%.

El Cuadro E-17 presenta las inversiones, costos por ha y costos anuales de bombeo necesarios en las áreas altas.

### 6.6 Sistemas de abastecimiento de agua a las rinconadas

#### 6.6.1 Características generales

Perimetralmente a las superficies del Proyecto actualmente bajo riego, y con elevaciones mayores, ya que se encuentran en las estribaciones de los cerros que delimitan las zonas I, II y III, se encuentran varios sectores con pendientes aptas para riego y con suelos generalmente de buena calidad, que se han denominado rinconadas.

Después de un estudio comparativo entre los mapas de suelos del Proyecto y los de canales existentes, mediante el cual se determinaron las áreas cultivables y regables no dominadas por los canales existentes, estudio que se completó con una verificación subsiguiente en el terreno, se identificaron finalmente en las zonas I, II y III del Proyecto siete rinconadas con áreas suficientemente extensas como para ser incluidas dentro del plan de desarrollo del Proyecto.

Su localización se muestra en la Figura A-2, y sus áreas se indican a continuación:

Rinconada	Denominación	Zona	Area neta(ha)
A	Los Maquis	I	1.155
B	Meneses	II	565
C	El Almendral	II	1.955
D	La Patagua	II	680
E	La Lajuela	II-III	585
F	Yáquil	III	340
G	El Huique	III	<u>1.240</u>
		T o t a l	6.520

Cuadro E-14: Zona de Alcones - Descripción del sistema de canales principales

Canal	Tramo	Caudal inicial (m <sup>3</sup> /s)	Pendiente transversal media	Longitud(km)		Area neta dominada(ha)		Area neta que requiere bombeo (ha)	Area neta total (ha)	N° estructuras especiales		
				Tramo	Canal	Tramo	Total			Estaciones de bombeo	Sifones	Puentes
Camarones	1	1,5	12	17,7	17,7	1.405	1.405		1.405	-	-	3
Yáquil-Cañetén <sup>(1)</sup>						535	535	1.890	2.425			
El Monte	1	5,5	6	10,8			640			-	-	3
	2	4,5	5	16,1			1.420			1	1	3
	3	2,1	3	18,0	44,9	820	2.880	1.560	4.440	-	1	2
Oriente Bajo	1	1,0	2	13,1	13,1	800	800		800	-	-	3
Alcones	1	17,0	4	12,0			2.060			2	-	-
	2	13,6	4	9,1			1.995			1	1	-
	3	11,2	4	14,8			1.180			-	1	-
	4	4,8	4	43,8	79,7	3.915	9.150	5.305	14.455	1	1	-
Occidente Bajo	1	1,4	2	17,2			560			-	1	3
	2	0,6	1	1,2	18,4	500	1.160		1.160	-	-	1
<b>T o t a l e s</b>					<u>173,8</u>		<u>15.930</u>	<u>8.755</u>	<u>24.685</u>			

E-47

(1) El Canal Yáquil-Cañetén pertenece al sistema matriz

Cuadro E-15: Zona de Alcones - Características de las áreas abastecidas por bombeo

N° del Sector (1)	Area Neta (ha)	Estación de bombas			Tubería impulsión		Línea transmisión de 13,2 kV			Canal principal
		Qb (m <sup>3</sup> /s)	Hb (m)	N°Unid.	L (m)	Ø (m)	Nueva (km)	Reforzada (km)	Subestación (kVA)	L (km)
10 (2)	550	2,4	32,5	5	105	0,6	19	-	1.200	10,0
11 (2)	1.340									21,2
12	635	0,8	14,9	3	101	0,45	7	-	180	7,4
13	1.560	2,0	37,0	3	352	0,70	6	-	1.200	16,2
14	805	1,0	35,0	3	551	0,60	6	-	900	10,5
15	2.225	2,8	15,1	5	200	0,60	3	4,8	900	16,3
16	1.640	2,1	44,3	3	283	0,60	-	10,0	1.200	29,4

(1) Los números de las áreas se refieren a la Figura E-4

(2) Los sectores 10 y 11 tienen estación de bombeo común

Cuadro E-16: Zona de Alcones - Inversiones necesarias en la red de canales principales  
(miles de PUS\$)

Canal	Tramo	Suministro área gravitacional		Suministro área total	
		Costo por tramo	Costo total	Costo por tramo	Costo total
Camarones	1	395	395	395	395
El Monte	1	438		546	
	2	443		596	
	3	380	1.261	419	1.561
Alcones	1	982		955	
	2	665		890	
	3	825		1.078	
	4	1.735	4.207	1.735	4.658
Oriente Bajo	1	272	272	272	272
Occidente Bajo	1	568		568	
	2	23	<u>591</u>	23	<u>591</u>
T o t a l			<u>6.726</u>		<u>7.477</u>

Cuadro E-17: Zona de Alcones - Inversiones y costos anuales de energía para las áreas abastecidas por bombeo (PUS\$)

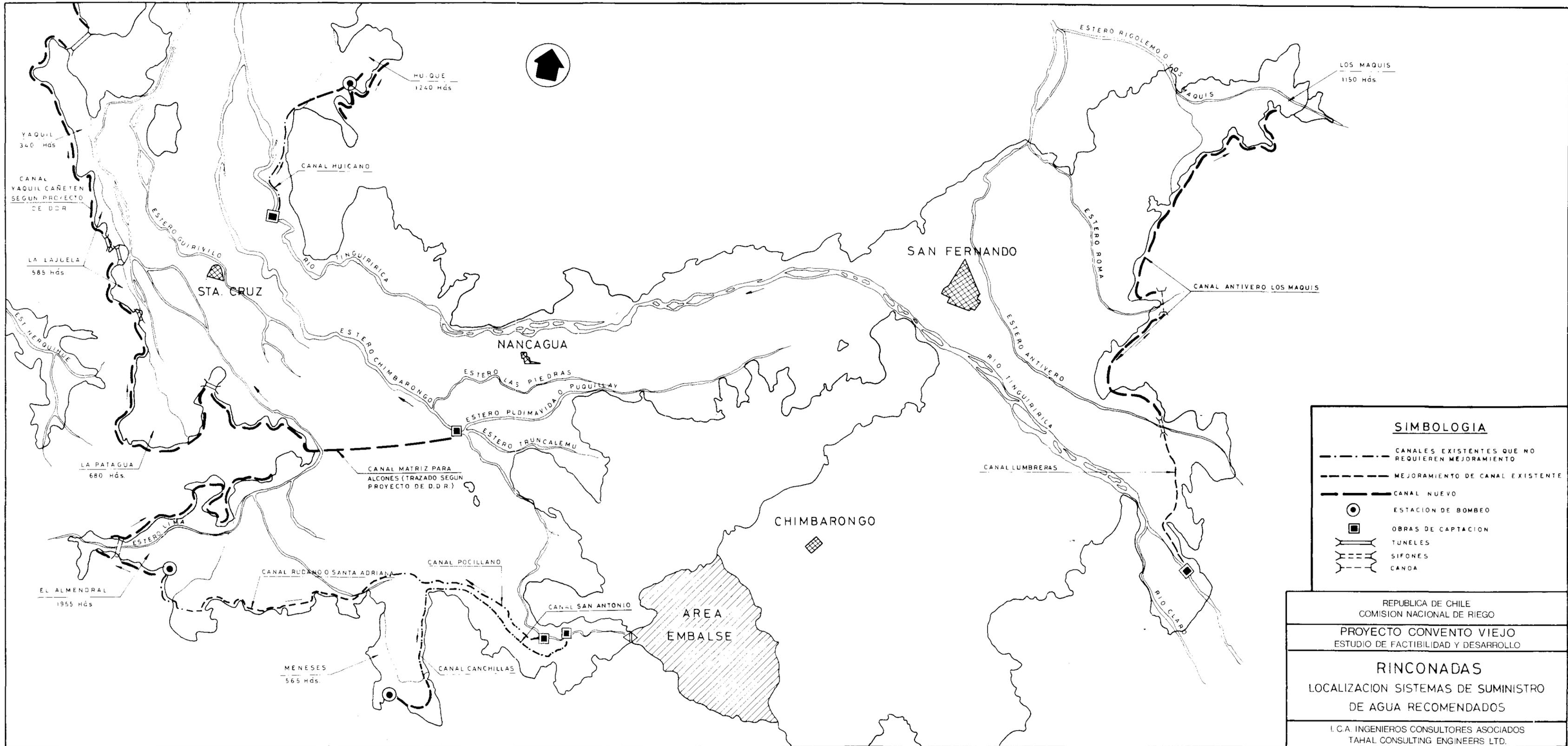
N° de Sector	Estación bombeo	Línea y subestación	Canal principal	Total	Costo por ha	Costo anual de energía
10	108.796	78.746	154.395	341.937	622	25.622
11	265.065	191.854	392.410	849.330	634	62.225
12	144.717	51.744	102.283	298.743	470	13.492
13	554.941	118.800	315.084	988.825	634	82.674
14	422.200	95.700	142.385	660.285	820	41.147
15	438.384	104.650	344.376	887.409	398	48.494
16	449.182	108.535	610.691	1.168.404	712	103.427
				<u>5.194.933</u>		<u>377.081</u>

#### 6.6.2 Descripción de las alternativas de suministro de agua

En todas las demás rinconadas se presentan tres posibilidades para su abastecimiento de agua: el sistema gravitacional, que se logra buscando una cota de captación suficiente en el río o estero correspondiente, o un canal existente cuya prolongación permita dominar toda el área; el sistema de bombeo, que utiliza un canal o estero cercano para alimentar una estación de bombas que eleva el agua a los canales de contorno o principales; el tercer sistema, que se ha denominado mixto, combina las dos soluciones anteriores, reduciendo la longitud de conducción del primero y el área servida por bombeo del segundo.

La elevación a que se encuentran las rinconadas hace necesarios canales de conducción apreciablemente largos, parte de los cuales son canales existentes que en algunos trayectos requieren trabajos de ampliación o mejoramiento. El bombeo implica, por otra parte, altos costos anuales de energía, sobre la estabilidad de los cuales no se tiene ninguna certeza. Con la solución mixta se buscó una fórmula de compromiso que redujera los aspectos más acentuados de estos dos factores desfavorables. En las rinconadas de Meneses y El Almendral, este sistema resultó con mucho, el más económico; en la del Huique, los sistemas mixto y gravitacional tienen costos bastante parejos y en la de Los Maquis, la excesiva altura de bombeo fue un aspecto que pesó mucho en contra de cualquier esquema que considerara bombeo.

El suministro eléctrico para todas las estaciones de bombas se evaluó de acuerdo con las redes eléctricas, existentes y en proyecto, que la Compañía General de Electricidad Industrial (CGEI) tiene en la zona.



**SIMBOLOGIA**

--- CANALES EXISTENTES QUE NO REQUIEREN MEJORAMIENTO

- - - MEJORAMIENTO DE CANAL EXISTENTE

— CANAL NUEVO

⊙ ESTACION DE BOMBEO

■ OBRAS DE CAPTACION

— TUNELES

- - - SIFONES

- - - CANOA

---

REPUBLICA DE CHILE  
COMISION NACIONAL DE RIEGO

---

**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO

---

**RINCONADAS**  
LOCALIZACION SISTEMAS DE SUMINISTRO  
DE AGUA RECOMENDADOS

---

I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

Los canales principales dentro de cada rinconada son a veces iguales para algunas alternativas, y cuando tienen diferencias, éstas son siempre pequeñas, tanto en sus características como en sus costos.

En la Figura E-5 se muestra la localización de los sistemas de abastecimiento de agua recomendados en las rinconadas estudiadas, y en las Figuras J-11 y J-12 se presentan estos esquemas dentro de las áreas de las rinconadas, de manera más detallada. En el Cuadro E-18 se presentan las principales características de las alternativas estudiadas en cada rinconada, las cuales se describen a continuación.

- Rinconada Los Maquis

Es la única localización en la Zona I del Proyecto, en parte del valle del Estero Los Maquis o Rigolemo. La Dirección de Riego elaboró un proyecto para el suministro conjunto a esta área y a la de Antivero, situada más al sur. Reconocimientos de campo indicaron que para esta última ya se han efectuado algunos trabajos de prolongación del canal Cardillas, que han resuelto parcialmente sus problemas de agua y que pueden completarse con las obras de mejoramiento que se proponen en la Sección 7 de este capítulo. Se estudió entonces el suministro gravitacional con base en el citado proyecto para el área de Los Maquis solamente, y se comparó y verificó en campo junto con una alternativa también gravitacional, que parte de la utilización del canal existente Lumbreras. Se encontró que en el tramo inicial de la conducción esta última solución es más favorable, debido a que el canal Lumbreira es más bajo, corto y fácil de ampliar, y entrega a la cota adecuada al canal Antivero-Los Maquis, con 34 km de longitud, perteneciente al proyecto de la Dirección de Riego.

Una alternativa con solo bombeo no resultó ventajosa en esta rinconada, por requerirse una altura excesiva de bombeo.

Se analizó también un esquema mixto, con base en la ampliación y prolongación del canal Lingano que domina 505 ha gravitacionalmente, y alimenta una estación de bombas que eleva el agua para el suministro del área restante.

- Rinconadas de Meneses y Almendral

Es necesario en principio considerar conjuntamente estas rinconadas, localizadas en la Zona II, debido a que la solución gravitacional total es común a las dos, pues la prolongación del canal existente Santa Adela que alimentaría a Meneses, puede también abastecer al Almendral. Sin embargo, esta posibilidad tiene la desventaja de que requiere, en mejoramiento o construcción, conducciones extremadamente largas, 19,3 km para Meneses y otros 28,5 km para El Almendral. Como la mayor longitud de conducción la requiere esta última, se evaluó una solución gravitacional para Meneses únicamente.

Cuadro E-18: Rinconadas - descripción de las alternativas para suministro de agua

Rinconada	Area neta	Solución	Canales de alimentación					Canales principales				Sistema de bombeo					
			Canal nuevo		Canal mejorado			L(km)	Qinicial (m <sup>3</sup> /s)	Nueva (km)	Reforzada (km)	Línea de 13,2 kV		Estación de bombas			
			L(km)	Qinicial (m <sup>3</sup> /s)	L(km)	Qactual (m <sup>3</sup> /s)	Qfinal (m <sup>3</sup> /s)					Q(m <sup>3</sup> /s)	Hb(m)	Unidades			
Los Maquis	1.155	Gravitacional (Cardillas)	25,5	1,3	15,5	0,18	1,0	8,0	1,3								
		Gravitacional (Lumbreras)	25,5	1,3	8,0	1,65	2,0	8,0	1,3								
		Mixta	-	-	2,2	0,15	1,3	8,0	0,75	0,5	6,8	600	0,7	80	3		
Meneses	565	Gravitacional	14,5	0,75	9,7	0,4	0,75	8,0	0,75								
		Bombeo	-	-	-	-	-	8,0	0,75	-	4,3	200	0,7	22	3		
		Mixta	-	-	-	-	-	4,7	0,75	0,8	5,1	40	0,2	23	2		
Meneses y Almendral	2.720	Gravitacional	14,5	3,0	9,7	0,4	3,0	3,7	1,25 <sup>(1)</sup>								
			28,5	2,3					5,0	0,5 <sup>(1)</sup>							
Almendral	1.955	Mixta			13,6	1,8	2,5	6,5	0,3 <sup>(1)</sup>	3,0	10,0	600	1,4	35	3		
									4,4	0,2 <sup>(1)</sup>							
El Huique	1.240	Gravitacional	18,4	1,5	-	-	-	11,0	1,5								
		Bombeo	-	-	-	-	-	11,0	1,5	2,0	2,0	600	1,5	27	3		
		Mixta	-	-	-	-	-	2,4	1,5	5,0	5,0	300	1,0	32	3		
							1,3	1,25									
							5,2	0,5									
							0,5	0,3									

E-52

(1) El canal principal de la Rinconada de el Almendral es común para ambas alternativas

Se estudiaron también las posibilidades de suministro por bombeo o mixto para las dos áreas, ya en forma independiente.

En Meneses el esquema con bombeo aprovecha los canales existentes San Antonio y su derivado el Canchillas, con una longitud total de 12,1 km, los cuales según las verificaciones de campo realizadas, no requieren de obras de ampliación para alimentar la casa de bombas. La solución mixta también considera el aprovechamiento de estos canales pero con una prolongación del Canchillas, la cual domina 414 ha y alimenta la casa de bombas que eleva el agua para la parte restante de la rinconada.

La rinconada del Almendral es la más extensa de todas y en 1.200 ha de su parte baja se contemplan obras de mejoramiento de drenaje, de las cuales se trata en la Sección 8 de este Capítulo. Con un porcentaje tan alto de área baja, no se encontró justificable el planteamiento de un esquema con solo bombeo y eran en cambio de esperarse buenas condiciones para un sistema mixto. Este utiliza los canales existentes Pocillano y su derivado el Rudano para conducir el agua hasta la rinconada, y una prolongación de este último domina gravitacionalmente 726 ha; la parte restante es servida con una estación de bombas localizada en la parte existente del canal Rudano. El área de la rinconada está dividida por una depresión bastante pronunciada por la que pasa el estero Lima. Debido a esta configuración se estudió una alternativa con dos estaciones de bombas, una a cada lado del estero, pero resultó más favorable y económico el esquema con una sola estación y un sifón de considerable longitud para el cruce de la depresión.

#### - Rinconada del Huique

Para esta rinconada, localizada en el margen derecho del Río Tinguiririca y la segunda en extensión, se estudiaron las tres posibilidades de suministro de agua.

Para el esquema gravitacional no se encontró ningún canal existente que se adaptara a las necesidades de cotas de captación de manera que se dominara toda la rinconada. Fue necesario considerar un canal nuevo, con 29,7 km de largo, que tiene su bocatoma en el Río Tinguiririca; se estudió la posibilidad de acortar su longitud mediante un túnel, pero esta solución resultó muy costosa. El sitio de la bocatoma para este canal se encuentra aguas arriba del canal de Las Trancas, descarga parcial del Estero Chimbarongo en el río, y por lo tanto la rinconada quedaría sujeta de acuerdo a las conclusiones del estudio hidrológico (Capítulo D), a las eventuales deficiencias parciales de agua que se esperan en el Bajo Tinguiririca; además agregaría una demanda de agua adicional en este sector, si bien el peso porcentual de su área es mínimo con respecto al área total servida por el río. Para soslayar este inconveniente, que de todos modos es sólo cuantitativo y de cuya existencia y magnitud no se tendrá certeza sino observando por varios años el comportamiento real del sistema hidrológico, se estudió la posibi-

lidad de efectuar un pequeño trasvase Chimbarongo-Tinguiririca, para evitar que esta y otras áreas dependiesen del Tinguiririca Bajo. Se encontró que las condiciones de captación en el Chimbarongo requieren obras demasiado costosas para áreas relativamente pequeñas, por lo cual se descartó esta posibilidad, al menos para las etapas iniciales del Proyecto.

La solución de bombeo para El Huique consiste en utilizar la bocatoma y un tramo de 11 km del canal existente, El Huicano, que según las verificaciones de campo no requiere trabajos de ampliación, y que alimenta una estación de bombas para abastecer toda el área de la rinconada.

Una variante a la solución anterior, y con obvias diferencias en su favor, es el esquema mixto, que con un canal de 3,7 km que deriva del canal Huicano, domina gravitacionalmente 436 ha y conduce el agua a la casa de bombas que la eleva al área restante de la rinconada.

### 6.6.3 Comparación económica

Para evaluar económicamente las varias alternativas planteadas en cada rinconada, se elaboraron los presupuestos de las inversiones iniciales necesarias y los costos anuales totales para cada caso. Estos últimos son los que finalmente proporcionan el panorama más completo al realizar las comparaciones, pues incluyen los costos de energía para bombeo que pesan bastante para la adopción de conclusiones. Para estas se siguió con el criterio de no recomendar bombeos, a menos que impliquen ventajas apreciables en el aspecto técnico o en el económico. En el Cuadro E-19 se tienen las inversiones iniciales requeridas para cada elemento principal de las soluciones estudiadas en cada rinconada, y el Cuadro E-20 presenta los costos anuales para cada caso, con intereses anuales del 9 y del 17 por ciento.

### 6.6.4 Conclusiones

Analizadas las características técnicas y económicas de las varias alternativas para el suministro de agua a las rinconadas, se proponen las siguientes conclusiones sobre los esquemas más recomendables en cada caso.

#### - Rinconada Los Maquis

Para esta área la solución gravitacional que utiliza el canal Lumbreras es en todos los aspectos la más recomendable: requiere las obras más simples de construir, implica las inversiones iniciales y los costos anuales más bajos y excluye el bombeo.

#### - Rinconada de Meneses

En esta rinconada la solución mixta significa las menores inversiones y los más bajos costos por hectárea y costos anuales. Los costos de energía son de poca relevancia en este caso, pues el área servida por bombeo es pequeña y la altura de impulsión es de sólo 23 m. Se requeriría un aumento de más del 300% en

Cuadro E-19: Rinconadas - Inversiones y costos por hectárea de las alternativas de suministro de agua

Rinconada	O b r a	A l t e r n a t i v a						
		Gravitacional		Bombeo		Mixta		
		Invers. PUS\$	Costo PUS\$/ha	Invers. PUS\$	Costo PUS\$/ha	Invers. PUS\$	Costo PUS\$/ha	
Los Maquis	1. Variante Cardillas							
	Canales de alimentación y canales principales	1.464.959				269.985		
	Estación de bombeo	-				349.754		
	Líneas de transmisión y subestación	-				69.300		
	T o t a l	1.464.959	1.268	-	-	689.039	597	
	2. Variante Lumberas							
	Canales de alimentación y principales	986.148	854					
	T o t a l	986.148	854	-	-			
	Meneses	Canales de alimentación y principales	414.888		147.513		76.225	
		Estación de bombeo	-		172.648		85.983	
Líneas de transmisión y subestación		-		56.100		33.000		
T o t a l		414.888	734	376.261	666	195.208	346	
Meneses y Almendral	Canales de alimentación y principales	2.746.413	1.010					
	T o t a l	2.746.413	1.010					
Almendral	Canales de alimentación y principales					655.967		
	Estación de bombeo					190.631		
	Líneas de transmisión y subestación					103.620		
	T o t a l					950.218	486	
El Huique	Canales de alimentación y principales	694.418		259.884		196.668		
	Estación de bombeo			196.643		186.808		
	Líneas de transmisión y subestación			68.970		87.450		
	T o t a l	694.418	560	525.497	429	470.926	380	

Cuadro E-20: Rinconadas - Costos anuales de las distintas alternativas consideradas (PUS\$)

Rinconada	Alternativa	Costos con interés anual del 9%				Costos con interés anual del 17%			
		Amortización e intereses	Operación y mantenimiento	Energía de bombeo	Total	Amortización e intereses	Operación y mantenimiento	Energía de bombeo	Total
Los Maquis	Gravitacional (Cardillas)	136.183	29.299	-	165.482	249.483	29.299	-	278.782
	Gravitacional (Lumbreras)	91.672	19.723	-	111.395	167.941	19.723	-	187.664
	Mixta	71.005	13.781	83.392	168.170	120.444	13.781	83.392	217.617
Meneses	Gravitacional	38.568	8.298	-	46.866	70.655	8.298	-	78.953
	Bombeo	37.425	7.279	20.211	64.915	63.585	7.279	20.211	91.075
	Mixta	18.773	3.658	5.570	28.001	31.939	3.658	5.570	41.167
Meneses y Almendral	Gravitacional	255.307	54.928	-	310.235	467.714	54.928	-	522.642
Almendral	Mixta	91.702	18.728	59.163	179.593	161.548	18.728	69.163	249.439
El Huique	Gravitacional	64.553	13.888	-	78.441	118.259	13.888	-	132.148
	Bombeo	51.992	10.279	54.063	116.334	89.406	10.279	54.063	153.748
	Mixta	47.067	9.189	41.265	97.521	80.185	9.189	41.265	130.639

el costo de energía para que sus costos anuales fueran iguales a la solución gravitacional; esto, considerando el caso más desfavorable, o sea con intereses anuales del 9%. Este aumento es aparte de las elevaciones normales de precios por efectos inflacionarios, que afectan por igual a todos los costos. Por estas razones anteriores y, considerando que en el conjunto del área del Proyecto se prevé un número considerable de estaciones de bombas de mediana capacidad, se recomienda en este caso la solución mixta, que puede servir de área piloto y experimental para los sectores con bombeo que se desarrollen posteriormente.

- Rinconada del Almendral

Aunque en esta área los costos y necesidades de bombeo son de más importancia relativa que los de la rinconada de Meneses, se pueden repetir todos los argumentos que se adujeron en ésta para recomendar la solución mixta. En este caso los costos del kilovatio-hora tolerarían un aumento medio de cerca del 200%, considerando intereses anuales del 9%.

- Rinconada del Huique

En esta área las alternativas gravitacional y mixta tienen costos anuales muy parejos: con interés anual del 9% es más baja la gravitacional y con 17% es ligeramente inferior a la mixta. Esto significa que con un aumento anormal de precios de la energía, puede quedar en desventaja esta última. Por otra parte, las inversiones iniciales de la mixta son un 25% inferiores. Por esta última razón se ha considerado prudente recomendar también para esta rinconada, la solución mixta.

## 6.7 Sistemas secundarios

### 6.7.1 Conceptos generales

La red de canales secundarios o de distribución en las áreas nuevas a desarrollar se debió conformar a las características físicas y operacionales propias de este Proyecto, entre las cuales las más relevantes son las siguientes:

- La gran extensión del Proyecto y las considerables longitudes de esteros y canales matrices que deben transportar el agua a la mayor parte de las áreas, hacen que el tiempo que transcurre entre la salida del agua del embalse y su llegada al área de riego sea de muchas horas. Esto, unido al proceso continuo y variante de los retornos y reusos del agua de riego, hacen que no sea posible ni práctico un sistema que opere de manera intermitente, con aperturas y cierres de compuertas cada día; es inevitable un flujo continuo del agua por los sistemas matrices.
- Otro aspecto que se trata en otra parte de este informe es el de la inconveniencia y dificultad de adoptar el riego nocturno. Por tradición de muchos años y a menos que tenga necesidad extrema, el agricultor de la zona al igual que en los demás proyectos de riego en el país, no acostumbra a regar de noche. Además, se ha comprobado que la eficiencia del riego nocturno es notablemente baja.
- Los dos aspectos anteriores hacen necesario recurrir a un sistema de almacenamiento para evitar pérdidas cuantiosas y permanentes de agua. De hecho, en las zonas bajo riego del Proyecto, los agricultores que han querido contrarrestar las deficiencias de agua que periódicamente se les presentan, han construido pequeños embalses o tranques nocturnos para almacenar durante las horas de la noche en que no se riega, el agua que les llega en forma continua aunque insuficiente. Después de un estudio sobre los posibles sistemas de regulación que puedan cumplir a cabalidad con los requerimientos de regulación y facilidad de operación se ha llegado a la conclusión de que los tranques nocturnos son los instrumentos que más se adaptan a estas necesidades.
- Las áreas de influencia de los tranques nocturnos son de sólo pocos cientos de hectáreas, así que un sistema cabalmente regulado por estos, requiere una adecuada sectorización, en la que cada sector esté constituido de dos partes, una que recibe de día directamente el agua de riego del sistema de canales, y la otra que es alimentada con los caudales que el tranque ha almacenado durante la noche. La superficie de los sectores puede variar entre 200 y 400 ha según su configuración y su topografía.

### 6.7.2 Criterios básicos

- Capacidad de los canales, secciones típicas y diseño hidráulico
- Los criterios adoptados en relación con estos aspectos se explican en la Sección 3 de este Capítulo.

- Esquema operativo

El agua que conduce en forma continua el canal principal es entregada a los secundarios por medio de una estructura de derivación, en la cual se regula y se determina el caudal por medio de una compuerta deslizante y una estructura de medida, que puede ser un marcador de flujo crítico o un vertedero trapezoidal tipo Cipoletti, según la pérdida de altura hidráulica disponible. Este sistema de control y medida se aplica también a todo sector de riego, cuya área oscila generalmente entre 200 y 400 ha.

Dentro de los sectores se consideran divisores de flujo proporcional, cuyo tipo usado comúnmente en Chile se denomina marco partididor. Las estructuras típicas mencionadas, se muestran en las Figuras 33, 34 y 35 del Album que acompaña a este Informe.

El área de influencia de cada secundario, con excepción de los que por razones topográficas dominan superficies muy pequeñas o los destinados a regar áreas con monocultivo de arroz, se divide en dos partes: una alta que se riega con el agua que proviene del canal principal, y una baja que se sirve con agua que se ha almacenado en los tranques nocturnos durante las horas en que no se riega.

- Localización

Los alineamientos de los canales y sus zonas de influencia fueron determinados con base en las características topográficas y de drenaje en cada sector, y teniendo en cuenta que el área servida por cada canal secundario o derivado del principal debe dividirse en dos partes o regarse con agua del principal y del tranque nocturno, según el esquema operativo explicado en el punto anterior.

### 6.7.3 Descripción de las redes de canales secundarios

Las redes de canales secundarios de las zonas de Nilahue y Alcones abastecidas gravitacionalmente y las de las rinconadas, fueron localizadas en planos 1 : 20.000 y dimensionadas con base en los criterios expuestos en la Sección 6.7.2. Sus características generales se resumen en el Cuadro E-21.

Se han separado en este cuadro los canales de contorno, trazados paralelos a las curvas de nivel, y aquellos con caídas, perpendiculares a las mismas, debido a que son bien diferentes tanto en su perfil como en sus estructuras predominantes y en sus costos, mayores para estos últimos. Todos los tranques nocturnos de las áreas nuevas bajo riego son sin sedimentador, ya que utilizan agua del embalse Convento Viejo.

En el Capítulo J se describen más en detalle los canales secundarios de Nilahue y las Rinconadas y en el Anexo XIII se describen los de Alcones.

Cuadro E-21: Áreas nuevas bajo riego - Características generales de las redes de canales secundarios

Zona	Canales de contorno		Canales con caídas		Tranques nocturnos	Unidades
	Long. (km)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Long. (km)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Volumen de almacenamiento	
Nilahue (Gravitacional)	24,3	0,10	30,2	0,10	< 10.000	4
	7,8	0,15	26,6	0,15	10.000 - 15.000	6
	38,8	0,20	9,2	0,20	15.000 - 20.000	8
	77,5	0,30	7,4	0,30	20.000 - 25.000	6
	134,9	0,50	1,4	0,50	25.000 - 30.000	7
	79,7	0,75	-	0,75	30.000 - 40.000	8
	34,0	1,00	0,5	1,00	> 40.000	8
	8,4	1,25	-	1,25		
	9,8	1,50	3,2	1,50		
	7,3	1,75	-	1,75		
	4,4	2,00	3,0	2,00		
Totales	426,9		81,5			47
Alcones	20,1	0,10	1,4	0,10	< 10.000	-
	0,8	0,15	2,9	0,15	10.000 - 15.000	1
	25,2	0,20	6,3	0,20	15.000 - 20.000	2
	52,2	0,30	6,8	0,30	20.000 - 25.000	2
	75,5	0,50	5,3	0,50	25.000 - 30.000	11
	35,9	0,75	9,7	0,75	30.000 - 40.000	10
	7,8	1,00	2,5	1,00	> 40.000	2
	1,4	1,25	-	1,25		
	-	1,50	-	1,50		
	-	1,75	-	1,75		
	-	2,00	-	2,00		
Totales	218,9		34,9			27
Rinconadas	33,4	0,1	7,9	0,1	< 10.000	7
	23,9	0,2	3,1	0,2	10.000 - 15.000	6
	9,0	0,3	1,6	0,3	15.000 - 20.000	1
	3,6	0,5	0,6	0,5	20.000 - 25.000	4
Totales	70,0		13,2			18

## 6.7.4 Inversiones necesarias y costos por hectárea

Los presupuestos totales de los canales secundarios y los correspondientes costos por hectárea, para las zonas de Nilahue y Alcones y para las ríncnadas se presentan en el Cuadro E-22.

Cuadro E-22: Canales secundarios - Inversiones necesarias y costos por hectárea

Zona	Area (ha)	Obra	Inversiones (PUS\$)		Costo total por ha (PUS\$)
			Obra	Total	
Nilahue (gravitacional)	22.300	Canales	4.443.835		
		Tranques	1.241.162		
		Estructuras especiales	538.986	6.223.983	279
Rinconadas Etapa I	4.915	Canales	709.163		
		Tranques	250.155		
		Estructuras especiales	148.390	1.107.708	225
Alcones (gravitacional)	15.930	Canales	2.339.028		
		Tranques	921.254		
		Estructuras especiales	667.019	3.927.301	246

## 7. PLAN DE MEJORAMIENTO DE LAS AREAS DE RIEGO ACTUAL

### 7.1 Definición del problema y soluciones propuestas

#### 7.1.1 Antecedentes

El estudio de la situación presente de los sistemas de distribución en las zonas actualmente bajo riego, que se presenta detalladamente en el Anexo VIII, ha identificado una serie de deficiencias que impiden el uso nacional de los recursos hídricos disponibles. Dichas deficiencias se pueden resumir básicamente en los siguientes aspectos:

- Baja eficiencia de riego a nivel predial, causada por la falta de adecuación de los paños de riego, tanto en el sector privado, como en el reformado. Los aspectos relacionados con las eficiencias a nivel predial y la adecuación de tierras, aparecen detallados en el Capítulo H de este informe.
- Deficiencias en el sistema del reparto de los volúmenes de riego, que se hace en la actualidad en base a los llamados derechos; teóricamente los derechos dependen de las áreas bajo riego, pero estas se encuentran en su mayor parte desactualizadas y por otra parte no guardan relación con las aptitudes de los suelos y las tasas de riego correspondientes a los cultivos proyectados.
- Falta de estructuras adecuadas en los canales que permitan un control efectivo de los caudales de riego. A nivel de canales principales, los marcos partidores existentes son únicamente estructuras de partición rígidas, que dividen los caudales en proporciones siempre constantes, lo que no ofrece el grado de control necesario para alcanzar las eficiencias previstas; además, a todos los niveles de distribución, gran parte de estos marcos partidores se encuentran desactualizados, al no existir correspondencia entre áreas servidas y caudales distribuidos.
- Falta de suficientes tranques para almacenar el agua que fluye en los canales por las noches. Debido a que el riego nocturno es poco frecuente en el área del Proyecto, y cuando se aplica es muy ineficiente, el caudal nocturno de los canales se pierde prácticamente, lo cual reduce la eficiencia del uso del recurso hídrico.
- Deficiencias del sistema de distribución actual, el cual no está completo: faltan canales secundarios y terciarios, sobre todo en las áreas reformadas. Además, la red carece de un sistema paralelo de vías que permita el fácil acceso para poder mantener las obras adecuadamente.
- Existencia de áreas muy extensas con problemas de abastecimiento causados por el hecho de que al no tener derechos en la actualidad, no reciben el agua en forma directa y ésta le llega insuficientemente como derrames sobrantes de riego de otras áreas. Las áreas afectadas por este problema se muestran en la Figura A-3.

### 7.1.2 Enfoque del problema

Todo este diagnóstico de la situación presente de los sistemas de distribución en las zonas actualmente bajo canal, ha identificado la urgente necesidad de efectuar algunos cambios, que en su mayoría implicarán la construcción de obras de ingeniería sencillas, con el objeto de racionalizar el uso de los recursos hídricos, tanto en las áreas bajo el régimen del embalse, como en las que tomarán el agua sin regulación.

Dichos cambios, cuyos aspectos institucionales se mencionan en detalle en el Capítulo K, se plantean para lograr los siguientes objetivos:

- Redistribuir los recursos hídricos existentes en forma adecuada.
- Mejorar la disponibilidad de agua, a través del incremento de las eficiencias de utilización del recurso.
- Ayudar en el proceso de tecnificación agrícola.

### 7.1.3 Metodología propuesta

En realidad el sistema actual, por complicado y caótico que parezca en su desarrollo y trazado, permite por su capacidad el abastecimiento de la mayoría de sus áreas de influencia, siempre y cuando sea posible la racionalización en el manejo del recurso hídrico. Esta racionalización se cree necesaria, aún en los años con suficientes recursos hídricos, cuando por diferentes motivos no es posible suplir la totalidad del área bajo riego. Tal fue el caso por ejemplo, en la temporada 1976-1977, cuando una encuesta de campo estimó que sólo el 75% del área bajo canal no tuvo problemas de abastecimiento. Para llevar a cabo esta racionalización no será necesario prever soluciones sofisticadas, tales como revestimientos de tramos de canales, debido a que los años transcurridos desde su construcción han sellado bastante los tramos arenosos, por lo que las pérdidas de distribución evaluadas son bastante razonables; además, estas pérdidas, cuando se producen, son en gran parte recuperables por los fenómenos de retorno y receso del agua.

Por consiguiente, la metodología que se propone para el programa de mejoramiento en el Proyecto Convento Viejo se basa únicamente en la adopción de medidas legales y administrativas, así como en la construcción de obras de ingeniería sencillas. Estas van orientadas, más que todo, a controlar la distribución de los caudales, con el objeto de aumentar las eficiencias del uso del agua de riego y así liberar recursos adicionales necesarios para la integración de nuevas áreas agrícolas al proceso de desarrollo.

## 7.2 Redistribución de derechos

### 7.2.1 Areas con derechos

Se propone hacer una redistribución de los derechos actuales, con base en una actualización de las áreas servidas y en las tasas de riego que se determinarán para cada zona y/o sector, en función de la aptitud de los suelos, los cultivos previstos y los niveles de eficiencia que se proponen para el Proyecto.

Aunque en rigor la fijación de la tasa de riego ponderada para cada sector se debería hacer de acuerdo a los cultivos reales que se programen en cada temporada, esto no será posible a corto y mediano plazo para un área tan extensa como la del Proyecto, que sólo contará para el manejo de los sectores con entidades administrativas de nivel elemental para la programación, procesamiento e interpretación de este tipo de información.

En consecuencia, se propone que el cálculo de las tasas de riego se haga por una sola vez al principio, definiéndola para cada zona como la promedia resultante de suponer el cumplimiento del plan agrícola del estudio, tal como se presenta en los cuadros XII-4 al XII-8 del Anexo XII. Las tasas de riego así calculadas se entregarán en la cabecera de los canales, controladas por medio de estructuras adecuadas. De esta manera se empezará el proceso de mejoramiento apoyado en una medida de carácter coercitivo, que se propone como un medio de forzar una racionalización en el uso de los recursos hídricos y edafológicos del Proyecto. Posteriormente, a medida que las zonas se vayan desarrollando y cuando las circunstancias lo ameriten, se podrá lograr un grado más alto de refinamiento para la definición de las tasas de riego que afecten los nuevos derechos.

De todas maneras, es conveniente mencionar que las obras de infraestructura de este programa de mejoramiento se han previsto con suficiente flexibilidad como para aceptar los reajustes y variaciones que se hagan en las tasas de riego a solicitud de los beneficiarios o cuando la Dirección de Aguas lo estime conveniente, siempre y cuando se mantengan razonablemente las proporciones entre las áreas con suelos de igual aptitud.

#### 7.2.2 Abastecimiento de las áreas sin derechos

Es indudable que la construcción de la presa y la redistribución de los derechos en base a las áreas reales servidas y las tasas de riego resolverán el problema de la seguridad de abastecimiento para la mayoría del área del Proyecto.

En relación con las áreas sin derechos que describen en el Anexo VII el programa de mejoramiento ha previsto los siguientes cursos de acción:

- En las áreas sin derechos pero con suficientes recursos hídricos y obras básicas de ingeniería como para poder efectuar el regadío, sólo se propone legalizar la situación, asignando los derechos correspondientes a cada una de ellas, en base a las tasas de riego, más las pérdidas de conducción. En estas áreas sólo será necesario complementar las obras existentes con las de optimización del sistema de distribución que se proponen en este programa de mejoramiento.
- En las áreas sin derechos que en la actualidad se encuentran bien abastecidas con derrames de los sectores más altos, también

se propone legalizar la situación mediante la asignación de derechos a cada una, con base en las tasas de riego más pérdidas de conducción.

Para estas áreas, el incremento que se espera de las eficiencias de riego en el futuro significará seguramente una reducción en los derrames que en la actualidad constituyen sus principales fuentes de abastecimiento, por lo cual es probable que sea necesario ejecutar obras adicionales, o ampliaciones de las existentes, para asegurar sus suministros normales. Naturalmente, la necesidad real de ejecutar estas obras adicionales dependerá de los derrames que sigan generando las áreas más altas, cuya cuantificación constituye una parte importante del programa de mejoramiento propuesto (Sección 7.3.7). En consecuencia, para la primera etapa no se han previsto obras específicas para estas áreas, y la necesidad de ejecutarlas se tendrá que detectar a medida que las circunstancias las vayan exigiendo.

- En las áreas sin derechos y sin recursos hídricos disponibles, será necesario construir en la Etapa I las obras especiales de ingeniería que garanticen un abastecimiento permanente; ello deberá complementarse con la asignación de los derechos correspondientes a cada área, según las tasas de riego correspondientes más las pérdidas de conducción. Estas áreas se listan en el Cuadro VIII-2 del Anexo VIII. En la actualidad, todos los sectores mencionados en dicho cuadro carecen de derechos y se suplén por medio de derrames, con excepción de los 4 y 5, que captan las aguas del estero Antivero sobre las cuales tiene derechos pero carecen de los suficientes recursos hidráulicos para efectuar un regadío adecuado.

### 7.3 Mejoramiento del sistema existente

#### 7.3.1 Generalidades

El mejoramiento del sistema existente comprenderá los trabajos de ingeniería relativos a:

- Unificación de varios grupos actuales de bocatomas.
- Construcción de estructuras de control y medida a la entrada de todos los canales principales.
- Construcción de estructuras de control y medida a la entrada de todos los canales laterales o secundarios.
- Sectorización de las áreas de influencia de los canales de riego. Esta incluye el complemento de la red de distribución dentro de cada sector.
- Construcción de tranques nocturnos.
- Evaluación de los derrames.

Estas obras y medidas se describen en detalle seguidamente.

### 7.3.2 Unificación de bocatomas

El programa de unificación de bocatomas consistirá en reagrupar un total de 23 bocatomas en seis unidades, cinco de ellas sobre el Río Tinguiririca y una sobre el Estero Chimbarongo. Con esta unificación se obtendrá las siguientes ventajas:

- Se logrará un control más efectivo y rápido de los caudales que se midan en las bocatomas, debido a que habrá menos puntos de aforo.
- Menores costos anuales de operación con las bocatomas unificadas, en comparación con los costos que demanda actualmente la operación y reconstrucción de las bocatomas y canales de aducción se parados.

### 7.3.3 Estructuras de control y medida a la entrada de los canales principales.

Los canales principales continuará captando el agua directamente desde las fuentes de suministro, por medio de las mismas bocatomas con barreras del tipo "pie de cabra" descritas en el Anexo VIII. El agua se entregará a los principales sobre la base de un caudal continuo y constante dentro de cada mes, pero que variará de mes a mes a lo largo de la temporada según las tasas de riego de sus respectivas áreas de influencia, más las pérdidas por conducción de cada canal.

Los caudales se controlarán a la entrada de los principales por medio de una estructura de compuertas deslizantes, seguida de un aforador del tipo de barrera y escurrimiento crítico (ver Figura 34 y 35 del Album).

Estas estructuras deberán construirse para todos los canales principales del sistema actualmente bajo canal, para fines de ejercer un control efectivo sobre los volúmenes de captación. Se han proyectado de dos tipos: con o sin descarga de alivio hacia el río, según la distancia entre éste y la estructura. Por ejemplo, en el caso de algunas bocatomas sobre el Río Tinguiririca, donde las estructuras de control y medida deberán localizarse tierras adentro, lo más distante posible de la zona de inundación del río, será necesario prever una descarga de alivio, toda vez que la lámina de entrada en el canal de aducción dependerá del nivel de captación en la barrera "pie de cabra", muy lejos de la estructura de control como para poder coordinar la operación de ambas. En estas condiciones, será mucho más conveniente dejar fijo dicho nivel de captación en la barrera "pie de cabra", controlando el caudal en la estructura y devolviendo cualquier exceso por el canal de alivio. Ello no solamente simplificará la operación, sino que garantizará la estabilidad de la estructura en el caso en que se introduzca en el canal un caudal excesivo debido a las avenidas del río.

Cuando la estructura de control se puede localizar cerca de la barrera "pie de cabra" tal como en el Chimbarongo y los demás esteros del Proyecto, el canal de alivio no será necesario, ya que las variaciones

de los niveles de captación podrán controlarse directamente por las aberturas de las compuertas en la estructura. Ambas estructuras, con y sin descarga de alivio, se muestran en la Figura 34 del Album.

Las compuertas se deberán ajustar mensualmente, o cuando las circunstancias lo ameriten, de manera que únicamente ingresen en el principal los caudales equivalentes a la tasa de riego ponderada de cada área de influencia más las pérdidas de conducción.

#### 7.3.4 Estructuras de control y medida en la entrada de los canales secundarios

La entrega desde los canales principales a los secundarios o a los sectores de riego, se hará por medio de estructuras de toma con compuertas deslizantes localizadas a la entrada del secundario. Las estructuras deberán construirse seguidas de un aforador, que podrá ser un vertedero (cuando haya suficiente carga hidráulica) o una barrera de escurremiento crítico (cuando haya menos carga). Figura 34 y 35 del Album. La lámina de operación en el canal principal necesaria para garantizar la derivación al lateral, se obtendrá también por medio de una estructura de control con compuertas deslizantes. Figura 33 del Album.

El caudal de cada lateral se entregará sobre una base mensual continua y constante, pero variará de mes a mes a lo largo de la temporada, también según la tasa de riego de su área de influencia más las pérdidas por conducción.

#### 7.3.5 Sectorización

Otro de los aspectos importantes del plan de mejoramiento consistirá en la sectorización de las áreas de influencia de los canales principales, agrupando los fundos o parcelas en bloques cuyas áreas oscilen alrededor de las 400 ha.

Cada bloque formará un sector de riego, al cual se le entregará el agua controlada por una de las estructuras descritas en la sección precedente según la tasa de riego del sector más las pérdidas por conducción del secundario que lo abastezca. Cada uno de estos sectores deberá contar con un tranque nocturno y la repartición interna del agua se hará por medio de marcos partidores fijos, con ranuras para tablones de cierre, que faciliten el establecimiento de turnos entre los distintos usuarios.

#### 7.3.6 Tranques nocturnos

Se estima que la construcción de tranques nocturnos en los sectores de riego contribuirá sustancialmente al uso racional del agua en el proyecto, debido a que se podrá almacenar durante la noche el agua que fluya por los canales y que se perdería de otra manera.

Los tranques se han previsto para dominar un sector cuya área podrá variar ampliamente, aunque en general se tratará de distribuir proporcionalmente el área de cada sector entre el suministro del tranque y

de la red principal, con respecto a las horas diarias de no riego y de riego. Las capacidades de los tranques deberán ser suficientes para almacenar el caudal durante 14 horas.

La Figura 35 del Album muestra los detalles generales para los tranques, que deberán diseñarse con canales desarenadores previos en la zona que no estará regulada por el embalse. En el resto del área del Proyecto, bajo los efectos del embalse, no se cree necesario prever los canales sedimentadores.

### 7.3.7 Evaluación de los derrames

Aunque el suministro del agua controlada según las tasas de riego y el aumento de las eficiencias a nivel predial modificarán el régimen actual de derrames a medida que se vayan incorporando las áreas al plan de mejoramiento, es indudable que con la infraestructura existente aún resultarán derrames que será necesario identificar y cuantificar, con el objeto de ajustar las entregas en las tomas de esas áreas beneficiadas por dichos derrames. Este proceso será gradual y exigirá una atención constante por parte de la entidad que se encargue de la evaluación.

Debido al esquema de mejoramiento que se propone, la cuantificación de los derrames será posible siempre y cuando se viertan en los principales, donde se puedan medir a través de las estructuras aforadoras. Sin embargo hay casos en que estos derrames se vierten sobre los secundarios, donde será imposible detectarlos, a no ser que se colecten en un desagüe que los lleve de nuevo a un canal principal. Este programa de evaluación de los derrames exigirá siempre una acción rápida, enérgica y flexible del personal encargado de detectarlos, debido a la particularidad de cada caso y el permanente estado de cambio que caracterizará las obras del Proyecto en sus primeras etapas de desarrollo.

## 8. DRENAJE

### 8.1 Características del área

En el área actualmente bajo riego, los problemas de drenaje no son muy significativos. Esta área se empezó a cultivar bajo riego hace muchas décadas, período durante el cual se han mantenido prácticamente las mismas técnicas de regadío, con eficiencias de aplicación bajas. A pesar de ello los niveles freáticos aún se mantienen profundos en la mayoría del área, no se han detectado casos importantes de salinidad y los problemas de drenaje identificados se limitan a unas pocas zonas aisladas de mediana extensión, que se inundan periódicamente, debido a los excesos de escorrentía de los ríos o esteros que las atraviesan o a la elevación estacional de los niveles freáticos hacia la superficie. La mayor parte de esta área presenta características muy definidas, que han contribuido a esta situación favorable. Estas características son:

- Un sistema bien desarrollado de ríos y esteros que desaguan eficazmente la mayor parte del área.
- Suelos con pendientes constantes hacia los ríos y esteros, así como con buenas características de drenaje interno.
- Niveles freáticos relativamente bajos en la mayor parte del área.
- No existen sistemas separados de riego y drenaje, sino una red amplia y densa de canales de riego que se usan también como drenajes.
- Aguas de excelente calidad para regadío las que, unidas a las características de drenaje interno de los suelos, han permitido practicar una agricultura bajo riego con excesos de aplicación de agua sin que surgieran problemas de salinidad.

Las áreas de nuevo riego, Nilahue y Alcones, presentan características muy similares a las de las zonas actualmente bajo riego, por lo que tampoco allí son de prever problemas muy serios de drenaje. De hecho, estas nuevas áreas tienen ya una red bastante desarrollada de cauces naturales, a los cuales se podrán verter sin problemas los colectores terciarios y los desagües de los fundos.

Las lluvias en el área del estudio tienen las características típicas de las regiones subtropicales del tipo mediterráneo, con intensidades moderadas y largas duraciones, formando frentes húmedos de considerable extensión a lo largo y ancho de los valles que constituyen el área del estudio. Estas lluvias son la causa principal de las inundaciones en algunas áreas del Proyecto, así como de la erosión en los suelos de las zonas montañosas, especialmente en Nilahue y Alcones.

### 8.2 Información utilizada

Para evaluar los problemas de drenaje se utilizó, tanto para las áreas actualmente bajo riego como para las de futuro desarrollo, la misma metodología. El material informativo usado para llevar a cabo las in-

vestigaciones fue el siguiente:

- Datos sobre lluvias para ocho estaciones recolectados por la Oficina Meteorológica de Chile, ENDESA y Dirección General de Aguas.
- Mapas topográficos a escala 1:10.000, con curvas de nivel espaciadas a 2,5 m, y al 1:50.000, con curvas de nivel espaciada a 25 metros.
- Fotografías aéreas del Instituto Geográfico Militar.
- Trabajos específicos de topografía para definir las secciones transversales de los cauces naturales y las áreas típicas del estudio.

La información sobre niveles freáticos se obtuvo con base en estudios realizados entre 1968 y 1971 por el Instituto de Investigación de Recursos Naturales (IREN), especialmente a lo largo del valle del Río Tinguiririca. Estos datos se complementaron con mediciones en norias y pozos de observación perforados en el verano de 1976-1977. Las Figuras IV/9 y IV/10 del Anexo IV muestran la ubicación aproximada de los sitios en que se realizaron estas mediciones, así como la profundidad mínima del nivel freático observado en cada uno de ellos.

### 8.3 Criterios básicos

Para comprobar o definir las conclusiones relativas a drenaje, se tuvieron en consideración los criterios básicos que a continuación se indicen:

- Todas las áreas proyectadas en frutales o cultivos de invierno, se deben drenar en el mismo tiempo de duración de la tormenta.
- Todas las áreas sembradas con los demás cultivos previstos en el Proyecto, deberán drenarse en un tiempo no superior a 48 hr.
- Los desagües de los bordos de arroz también se diseñaron para drenarse en un tiempo no superior a 48 horas y a la vez se comprobaron sus capacidades para evacuar en el mismo tiempo una lámina promedio de 55 mm, correspondiente al agua que hay que sacar previamente a la entrada de las cosechadoras.
- Los desagües prediales se calcularon para lluvias con frecuencia de ocurrencia de una vez en 5 años.

El proceso de análisis de las tormentas de diseño, así como los criterios detallados para evaluar las conclusiones de drenaje en el área del Proyecto, se presentan aparte, en el Anexo XIII.

## 8.4 Sistemas de drenaje existentes

### 8.4.1 Sistemas naturales

En el área del Proyecto existen dos grandes sistemas naturales de drenaje: el primero está formado por los esteros que cruzan las áreas de las Zonas I, II y III, actualmente bajo riego, así como la zona de Alcones, y desembocan en el Río Tinguiririca; el segundo, completamente independiente del primero, drena la zona de Nilahue y está constituido por el Estero Nilahue y sus afluentes: los esteros Quiahue, Lolol y Pumanque.

La mayor parte de los esteros que constituyen la red de drenaje de las áreas actualmente bajo riego presentan características de flujo permanente, debido a las lluvias en invierno y a los excesos de escorrentía del riego en verano. Los caudales en los esteros de las zonas nuevas, Nilahue y Alcones, son estacionales, con excepción del estero Nilahue desde su confluencia con el Pumanque hasta el Océano Pacífico.

El Cuadro E-23 presenta las áreas de las hoyas tributarias de los principales cauces de drenaje del área del Proyecto.

Cuadro E- 23 : Hoyas hidrográficas de los principales cauces de drenaje

Zona	Estero	Area
I, II, III	Chimbarongo	85.000 incluye área del embalse)
	Las Toscas	59.270
	Chépica	33.400
	Antivero	28.300
	Roma	10.020
	Guirivilo	8.330
Nilahue	Nilahue	62.500
	Lolol	31.700
	Quiahue	31.200
	Pumanque	12.600

No hay indicios de problemas muy grandes de inundaciones, aunque sí se ha podido comprobar que hay varios esteros cuyos cauces, en ciertos tramos, no son suficientes para transportar sin desbordamientos las escorrentías de invierno. Estos desbordamientos son los que originan los problemas aislados o locales de drenaje en las zonas actualmente bajo riego, problemas que se tratarán más adelante.

### 8.4.2 Esteros mejorados y sistemas artificiales

En algunos sitios aislados del área del Proyecto donde existían problemas agudos de drenaje, la Junta de Defensa Fluvial o los mismos

propietarios afectados ejecutaron trabajos de limpieza y dragado en los esteros.

Hay muy pocos canales artificiales hechos con el único propósito de drenar un área determinada. En la Zona I, en Quilapán, la Batalla y Las Garzas, existen algunos zanjones que desaguan el área agrícola, al igual que en la rinconada de Meneses y Las Alamedas (o La Ruda) en la Zona II. En la Zona III hay varios zanjones cerca de El Huique que desembocan en el estero Las Arañas.

El Cuadro E-24 presenta el resumen de los trabajos hechos en los esteros y en la construcción de zanjones de drenaje.

#### 8.4.3 Drenaje agrícola

No existe en rigor un sistema de drenaje agrícola a nivel predial. Por regla general, las escorrentías de los excesos de riego se vierten en canales que sirven para el riego de otras áreas situadas aguas abajo, o bien se vierten en los predios adyacentes. En algunos casos, los usuarios que riegan con derrames han hecho zanjones interceptores al final de los predios que disfrutaban de derechos, con el objeto de llevar las aguas hacia los canales de conducción.

### 8.5 Problemas identificados

#### 8.5.1 Areas de riego actual

Las áreas con problemas de drenaje en las zonas actualmente bajo riego, se muestran en la Fig. XIII-8 y se detallan en el Cuadro E-25, de donde se puede concluir lo siguiente:

- Hay en total, unas 4.330 ha afectadas por problemas de drenaje, principalmente inundaciones, en las zonas actualmente bajo riego (incluidas rinconadas), equivalentes al 4,5% de su área total.
- La mayoría de los problemas se deben a la falta de capacidad del cauce de algunos tramos de los esteros para transportar las escorrentías durante la época de invierno.
- La mayor parte de las zonas se inundan cada año durante el invierno por períodos cortos, variables entre 1 y 7 días.
- La mayoría de los cultivos afectados por ésta situación serían los de invierno (trigo o cebada).
- Todas estas áreas con problemas de drenaje se cultivan normalmente en el verano, con excepción de 1.200 ha en El Almendral y 30 ha en el sitio localizado al norte de Polonia, entre la línea férrea y la carretera Panamericana. El área de El Almendral que pertenece a la rinconada del mismo nombre es en rigor parte de las áreas de nuevo riego pero en la presente evaluación se ha incluido con las áreas de riego actual ya que varias de las obras recomendadas tienen relación directa con estas áreas.

Cuadro : E-24: Sistemas artificiales y esteros mejorados en el área del Proyecto

Zona	Sitio	Trabajos ejecutados	Area o tramo beneficiado	Ejecutor	Resultados de los trabajos
I	Quilapán La Batalla Las Garzas Polonia	Construcción de canales de drenaje	400 ha	Propietario de Miravalle	Aceptables, aunque sigue habiendo inundaciones aisladas por falta de mantención de los canales
II	Estero Pudimávida cerca Puquillay	Limpieza del estero	5 km desde confluencia con Chimbarongo	Municipalidad de Nancagua	Buenos. Se eliminaron inundaciones.
II	Rinconada de Meneses	Construcción de canales de drenaje	En toda la rinconada	No se conoce	Aceptables, pero 100 ha aún se inundan.
II	El Almendral Las Alamedas	Construcción de canales de drenaje	250 ha	Antiguo propietario de Las Alamedas	Bueno para áreas altas; las bajas siguen inundadas
II	Estero Lima	Dragado y limpieza del cauce	4.0 km	No se conoce	Mediocres; cauce muy reducido causa inundaciones anuales y no desagua el sistema de drenaje
II	Estero Chépica arriba del puente de Santa Cruz	Dragado y limpieza del cauce	5 km	Defensas fluviales	Aceptables; pero un área de 150 ha aún se inunda
II	Estero Guirivilo en Santa Cruz	Excavación de nuevo cauce	Perímetro del pueblo	Municipalidad de Santa Cruz	Buenos; no hay inundaciones en Santa Cruz
III	Estero La Condenada	Mantención ribera derecha	5 km	Propietarios	Buenos resultados en margen norte, fuera del proyecto

### 8.5.2 Areas de nuevo riego

En la zona de Alcones no se identificaron áreas con problemas especiales. En cambio, en la zona de Nilahue se detectaron problemas en algunas áreas, la mayor parte de las cuales se concentran a lo largo del Estero Nilahue. Estas áreas se inundan durante el invierno, debido a la reducida capacidad del cauce para evacuar las escorrentías producidas por las lluvias. El problema afecta a cerca de 1.150 ha de buenos suelos, equivalentes al 5% del área neta que se propone desarrollar bajo riego en esa zona durante la Etapa I del Proyecto.

### 8.5.3 Niveles freáticos

Los datos obtenidos respecto a este punto permiten concluir que, en general, no hay problemas de elevación o afloramiento de los niveles freáticos en el área del Proyecto, con excepción de algunas áreas específicas de escasa extensión en donde el problema se manifiesta en forma muy localizada. En la mayor parte del área del Proyecto, los niveles freáticos están por debajo de 1,5 m en el invierno. Las fluctuaciones de nivel alcanzan un máximo de 4,0 a 6,0 m.

En los escasos sitios con niveles freáticos por encima de 1,50 m de profundidad, el fenómeno se relacionó con posibles infiltraciones provenientes de canales de riego o esteros vecinos, en suelos de texturas medias a gruesas, afectando a los cultivos sólo en invierno.

### 8.5.4 Erosión

En el área del Proyecto se identificaron dos clases de erosión: laminar y por cárcavas. La primera ocurre en los paños de riego donde las pendientes son mayores del 1,0%, en suelos generalmente de texturas gruesas e intermedias que se riegan por tendido.

La erosión por cárcavas se identificó en las zonas de piedmont del Proyecto, sobre todo en la zona occidental del Nilahue, en la vertiente sur del Pumanque y en la vertiente norte del Estero Lolol.

## 8.6 Soluciones propuestas

### 8.6.1 Objetivos

Los principales objetivos en el sistema de drenaje propuesto para todas las zonas en que ha sido dividida el área del Proyecto son los siguientes:

- Recolectar y evacuar las escorrentías resultantes de las lluvias durante el invierno y del riego durante el verano.
- Prevenir o reducir la severidad de las inundaciones en las áreas aisladas en las que se han detectado problemas de esta clase y cuyas condiciones físicas y potencial económico lo justifiquen.

- Prevenir o controlar hasta donde sea permisible, la elevación del nivel freático en las áreas aisladas en las que se han detectado problemas de esta clase.
- Controlar donde sea factible física y económicamente, los problemas de erosión en el área del Proyecto.

### 8.6.2 Enfoque adoptado

Las soluciones propuestas para el sistema de drenaje de las zonas actualmente bajo riego y para las de desarrollo futuro han sido formuladas con base en la premisa de alterar lo menos posible los actuales sistemas, sean éstos naturales o artificiales, subrayando el mantenimiento de los esteros y zanjones importantes.

Los problemas de inundación causados por desbordamiento de los esteros se tratarán en su mayor parte por medio del mantenimiento normal de cada estero y, cuando se justifique, por el dragado y/o rectificación de cada uno de los tramos que presenten problemas, tratando de ajustar las condiciones finales a los parámetros topográficos naturales. Estos aspectos se tratan en detalle en la Sección 10 de este capítulo.

Los desagües a nivel predial se discuten en detalle, en el Capítulo H, donde también se han incluido sus costos respectivos.

En general, se han previsto desagües para los paños de riego como parte del mejoramiento predial, desagües que llevarán las aguas de escorrentía a los mismos sitios donde se vierten en la actualidad.

### 8.6.3 Zonas actualmente bajo riego

Según se ha dicho, los problemas de drenaje en las zonas actualmente bajo riego solo afectan sitios aislados, de área reducida, los cuales en la mayoría de los casos se inundan periódicamente en la época de invierno. En los lugares en que se dan niveles freáticos altos, éstos solo afectarían el desarrollo de cultivos de raíces profundas susceptibles a los excesos de humedad, como por ejemplo los frutales.

Ningunos de estos problemas es de consideración, si se toma en cuenta que la mayor parte de las áreas se inundan por tiempo breve en invierno, lo cual permite sembrar pastos o leguminosas o bien cultivar en verano, con excepción de aproximadamente 1.200 ha en El Almendral, que no se pueden sembrar en época alguna. Por otra parte, tampoco es apremiante llevar a cabo obras para controlar los niveles freáticos que pudieran afectar a los frutales, debido a que el Proyecto dispone de no menos de 40.000 ha adicionales de suelos aptos sin problemas de drenaje, para la siembra de frutales, los cuales no pueden en ningún caso ser desarrollados a corto plazo por las restricciones que impone el mercado. Los suelos en que los niveles freáticos han subido hasta 1,00 m de profundidad puede ser destinados a la siembra de cultivos anuales sin mayor problema.

Lo anterior justifica que en las zonas actualmente bajo riego se siga utilizando la red de canales y los cauces naturales de cada una de ellas para el drenaje de las aguas de escorrentías, provenientes tanto de las lluvias de invierno, como de los excesos del riego durante el verano. Estos canales de riego presentan, por lo general, secciones transversales mucho mayores que las requeridas para transportar los caudales de riego, secciones que han alcanzado un cierto grado de estabilidad debido a los muchos años transcurridos desde su construcción. Por consiguiente, no se proponen obras, fuera de la mantención normal que debe dársele a cada canal.

El estudio de los problemas de drenaje en las áreas aisladas donde éstas se detectaron se realizó en forma particular para cada una de ellas, a fin de evaluar si era conveniente en términos económicos efectuar las obras que permitan resolver la situación de cada una de ellas. Las soluciones posibles se formulan en el Cuadro E-25.

Estos estudios permitieron llegar a la conclusión de que en las zonas actualmente bajo riego, sólo se justifica ejecutar las obras en El Almendral, área en la cual no es posible actualmente la agricultura, debido a que permanece anegada la mayor parte del año. Los problemas de drenaje en las demás áreas sólo afectan a los cultivos de invierno o a las primicias de primavera, en tanto que no hay problemas para sembrar en las temporadas de primavera-verano; ello lleva a desestimar la realización de obras adicionales.

La descripción del sistema proyectado para El Almendral aparece en la sección correspondiente a las obras de la Etapa I (Capítulo J).

En las áreas afectadas por la elevación de los niveles freáticos, tales como La Orilla (Cuadro E-25), resulta aconsejable implantar un programa de observación de las fluctuaciones del nivel freático, para detectar anticipadamente cualquier problema que pudiera darse en el futuro.

#### 8.6.4 Areas de nuevo riego

También en este caso tienen validez los argumentos expuestos al plantear las soluciones para los problemas de drenaje en las zonas actualmente bajo riego, pues sólo afectarían a los cultivos de invierno o a los frutales que se planten en el futuro. En el primer caso, el problema no es muy grave, toda vez que estas áreas se podrían sembrar fácilmente en el verano con cultivos de mayores rendimientos; el segundo caso resulta poco probable, si se considera que en la zona de Nilahue hay 14.250 ha de suelos aptos para frutales sin limitaciones de drenaje. Por estas razones, se estima que en las zonas nuevas el problema de drenaje no reviste mayor importancia y, en consecuencia, se propone utilizar al máximo los cauces naturales procurando alterarlos lo mínimo posible.

Por tanto, el esquema básico de drenaje para estas zonas nuevas consiste en trazar los desagües de parcela y drenajes (o zanjones) por las depresiones naturales existentes hasta desembocar en los cauces naturales.

Asimismo, para las zonas nuevas, los problemas de inundaciones causadas por los esteros se tratarán, en su mayor parte, por medio de la mantención o limpieza normal de cada estero. En aquellos casos en que se justifique económicamente, se dragarán o bien rectificaran los tramos que ofrezcan problemas, procurando ajustar las condiciones finales a los parámetros topográficos naturales.

Cuadro E-25: Áreas afectadas por problemas de drenaje - Zona I

1. Nombre : Quilapán, Las Cañas, La Batalla  
 Superficie afectada : 230 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial deficiente, cauces con secciones transversales insuficientes y falta de mantenimiento.  
 Solución posible : Sistemas de colectores secundarios y terciarios que drenan al Estero Roma.  
 Beneficio : Cultivos de invierno y primicias de primavera.
2. Nombre : Estero Antivero, al Norte de San Fernando  
 Superficie afectada : 30 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente y 10 ha afectadas por inundación de ríos y esteros. Inundación en varios sitios de la misma zona.  
 Solución posible : 2 canales colectores que drenen al Estero Antivero; limpieza y mantenimiento del curso mismo del estero.  
 Beneficio : Cultivos de invierno.
3. Nombre : Entre la Panamericana y el FF.CC., norte de Polonia.  
 Superficie afectada : 130 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial deficiente y la capacidad del canal existente, no alcanza para drenar el área.  
 Solución posible : Ampliar sistema de drenaje pasando bajo la Panamericana con alcantarillas.  
 Beneficio : Cultivos de invierno y primicias de primavera. Hay 30 ha que no se cultivan al año.
4. Nombre : Loma de Pangalillo al norte de San Fernando  
 Superficie afectada : 40 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente y escorrentías de las áreas montañosas.  
 Solución posible : 1 colector que drene al Tinguiririca y 1 colector al Estero Antivero.  
 Beneficio : Cultivos de invierno. Control de erosión laminar.
5. Nombre : Chimbarongo, Esteros Los Canales o El Molino, Río Tinguiririca, sector La Orilla.  
 Superficie afectada : 450 ha con niveles freáticos altos y 100 ha afectadas por inundación de ríos y esteros.  
 Descripción del problema : Aguas freáticas han subido hasta 1,00 m de profundidad.  
 Solución posible : Sistema de colectores que drenen al Estero El Molino.  
 Beneficio : Las plantaciones existentes; 80-120 ha frutales y cultivos anuales.

Cuadro E-25 (cont.): Áreas afectadas por problemas de drenaje - Zona II

6. Nombre : La Dehesa
- Superficie afectada : 50 ha con drenaje superficial insuficiente y 100 ha afectadas por inundación de ríos y esteros.
- Descripción del problema : Hay 100 ha que inundan Estero Pudimávida y 7 a 10 días que se localizan en depresiones ob tacularizando tráfico 1-2 días. Debido al ciere de estructura las escorrentías pasan a los canales que inundan un sector al Este de La Dehesa.
- Solución posible : Sistema colectores secundarios y terciarios que drenan al Estero Pudimávida y limpieza y mantención del mismo estero.
- Beneficio : Cultivos de invierno.
7. Nombre : Rinconada de Meneses
- Superficie afectada : 100 ha
- Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente y escorrentías de las montañas vecinas que alcanzan inundar unas 100 ha durante 4 - 15 días.
- Solución posible : 1 canal principal llamado San Antonio y cuatro drenes secundarios que desembocan al Estero Líma. Dragado 7 km del Estero San Antonio.
- Beneficio : Cultivos de invierno. Primicias de primavera.
8. Nombre : Guirivilo, aguas arriba de Quinahue
- Superficie afectada : 100 ha
- Descripción del problema : Inundaciones del estero. Debido a la falta de mantenimiento en el cauce del estero ocurren inundaciones que duran 1-4 días.
- Solución posible : Limpieza y mantención de 6 km del Estero Guirivilo.
- Beneficio : Cultivos de invierno.
9. Nombre : El Almendral
- Superficie afectada : 1.200 ha
- Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente con problemas de inundaciones permanentes, hay 1.200 ha que se inundan en invierno las cuales no se cultivan al año.
- Solución posible : Dragado de 8,75 km del Estero Lima. Sistema de canales colectores y laterales que drenan al Estero Lima.
- Beneficio : Recuperación de un área que actualmente no se cultiva en ninguna época.

Cuadro E-25 (cont.): Áreas afectadas por problemas de drenaje - Zona III

10. Nombre : Estero Guirivilo  
 Superficie afectada : 60 ha  
 Descripción del problema : Inundación del estero en invierno frente al "Paso de los Reyes" por durante 1-3 días debido a falta de mantenimiento.  
 Solución posible : Limpieza y mantención de 11 km aguas arriba de la Quebrada Yáquil.  
 Beneficio : Cultivos de invierno.
11. Nombre : Las Toscas, abajo del puente Santa Cruz  
 Superficie afectada : 290 ha  
 Descripción del problema : Inundación del estero en invierno durante 1-3 días debido sección hidráulica insuficiente y a falta de mantenimiento.  
 Solución posible : Colectores que drenen al Estero Las Toscas y limpieza y mantención de 13 km de Estero Las Toscas aguas arriba de la Quebrada Yáquil.  
 Beneficio : Cultivo de invierno.
12. Nombre : Quebrada Yáquil  
 Superficie afectada : 130 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente y problemas de inundaciones en invierno debido a sección hidráulica insuficiente: 3 - 7 días.  
 Solución posible : 1 canal principal que drena a Las Toscas. Limpieza y mantención de los últimos 600 m antes de desembocar a Las Toscas.  
 Beneficio : Cultivos en invierno.
13. Nombre : Estero Peralillo  
 Superficie afectada : 20 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente con problemas de inundaciones locales cerca a Peralillo durante el invierno.  
 Solución posible : Limpieza y mantención de 8 km del Estero Peralillo, aguas arriba de Parrones y 4 colectores secundarios que drenan al mismo estero.  
 Beneficio : Cultivos de invierno.
14. Nombre : Las Toscas (Lihueimo) y Zanjón de Molongo  
 Superficie afectada : 700 ha  
 Descripción del problema : Drenaje superficial insuficiente y problemas de inundaciones en invierno durante 4-15 días por sección hidráulica insuficiente Zanjón Molongo.  
 Solución posible : Sistema de colectores secundarios y terciarios que drenan al Estero Las Toscas, Lihueimo y Zanjón Molongo en el sector de Calleque. Dragado de 8,5 km de Las Toscas; 5,5 km del Lihueimo y 11 km de limpieza y mantención del Zanjón de Molongo.  
 Beneficio : Cultivos de invierno y primicias de primavera.
15. Nombre : Las Arañas  
 Superficie afectada : 600 ha  
 Descripción del problema : Con drenaje superficial insuficiente y problemas de inundaciones en invierno durante 7 a 30 días por sección hidráulica reducida.  
 Solución posible : Limpieza y mantención de 11 km del Estero La Condenada. Dragado de 13,5 km del Estero Las Arañas. 7,7 km de limpieza y mantención del Estero Santa Sara que drena a La Condenada.  
 Beneficio : Primicias de primavera.

## 9. CARRETERAS Y CAMINOS

### 9.1 Carreteras en el área del Proyecto

La red de carreteras en el área del Proyecto tiene como elementos troncales (Figura A-1) la carretera Panamericana Sur, de altas especificaciones, que atraviesa la Zona I de norte a sur, la carretera que conecta hacia el poniente esta vía con las poblaciones de Santa Cruz, Peralillo y Marchigue, en las Zonas II, III y Alcones respectivamente, y la que comunica a Santa Cruz con Peralillo a través de las poblaciones de Pumanque y Lolol en la zona de Nilahue. Otro ramal de importancia comunica a Santa Cruz con el área Noroeste del Proyecto y otros secundarios dan acceso a los extremos norte y sur de Nilahue y la parte oriental de Alcones. Existen, entonces por lo general, accesos de la red de carreteras a todos los sectores del Proyecto que quedarán completados con los caminos de operación y mantenimiento considerados dentro de los sistemas propuestos para abastecimiento y distribución de agua. Cualquier obra adicional de mejoramiento o construcción que llegue a requerirse para la red de carreteras es responsabilidad de entidades diferentes de la Dirección de Riego, y está fuera del alcance del presente estudio.

### 9.2 Sistema de caminos propuesto

El área actualmente bajo riego posee, como se ha citado en otras partes de este informe, una red muy intrincada de canales de riego que dispone en la mayoría de los casos, de obras adecuadas de cruce con los caminos existentes, las cuales se consideran más que suficientes para efectos de comunicación entre uno y otro sector. En cambio, un aspecto muy deficiente en la parte vial de esta área, y que debe corregirse para permitir la ejecución del plan de mejoramiento propuesto en la Sección 8 de este capítulo, es la imposibilidad de circulación, para el personal de operación y mantenimiento, a lo largo de los canales principales, los cuales se encuentran casi en su totalidad cubiertos de malezas en ambos márgenes. Dentro de los trabajos de mantenimiento que se recomiendan para el Proyecto (Capítulo J) se incluyen actividades intensivas de erradicación de malezas en los primeros años de implementación y posteriormente labores de mantenimiento de rutina.

En las nuevas áreas bajo riego, la situación es bien diferente. A lo largo de los canales matrices y principales de importancia se han previsto bermas de suficiente ancho para que sirvan de caminos de operación, mantenimiento, acceso a las parcelas y asentamientos, y conexión con el sistema vial principal, aunque es de esperarse que varios de los nuevos caminos formarán parte en el futuro de este sistema. En los canales principales menores y en los secundarios se consideró una faja paralela a una de las bermas, para que cumpla la misma función. También a nivel de desarrollo predial, los esquemas de riego propuestos contemplan los correspondientes caminos y cruces menores para proporcionar a todas las parcelas el necesario acceso a la red de caminos.

Los costos correspondientes al sistema de caminos complementario al ya existente se encuentran, por lo tanto incluidos en cada uno de los componentes del Proyecto mencionados anteriormente.

## 10. OPERACION Y MANTENCION DEL SISTEMA DE RIEGO

### 10.1 Operación

Es evidente que en un proyecto que se plantea por gravedad con canales sin revestir, cuyos caudales variarán mensualmente y cuyas secciones, sobre todo en las zonas bajo riego, no son constantes, la operación exigirá un nivel adecuado de conocimiento entre el personal de las Asociaciones de Canalistas, para conducir y repartir mensualmente los caudales de riego.

Se debe tener en cuenta que el sistema de riego a nivel matriz y principal se ha previsto a base de un suministro continuo. La rotación del agua entre bloques de parcelas o fundos la harán los mismos asociados, mediante las Comunidades de Aguas de Riego.

Para la derivación del sistema principal a los secundarios se han previsto compuertas deslizantes manuales, en conjunto con estructuras de aforo aguas abajo sobre el secundario. Este suministrará el agua de riego para sectores regulados por un tranque nocturno, sectores cuya extensión variará entre 200 y 400 ha en promedio. La lámina necesaria sobre el principal para garantizar la derivación del caudal de operación en el secundario, se obtendrá por medio de una estructura de control con compuertas situada en el principal. Lógicamente, las compuertas se deberán abrir de acuerdo a un programa previo de suministro (fijado según las tasas de riego más pérdidas por conducción) ajustándolas de acuerdo a las medidas del aforador.

El sistema de canales secundarios se podrá vaciar de vez en cuando. En cambio, los principales no deberán vaciarse sino al finalizar la temporada de riego, ya que los cambios bruscos suelen ser inconvenientes para la estabilidad de los taludes.

Dentro de cada sector de riego, dominado o no por un tranque, la repartición del agua se hará por medio de marcos partidores y turnos cuya operación estará encomendada a las Comunidades de Aguas de Riego.

### 10.2 Mantenimiento de los sistemas de riego y drenaje

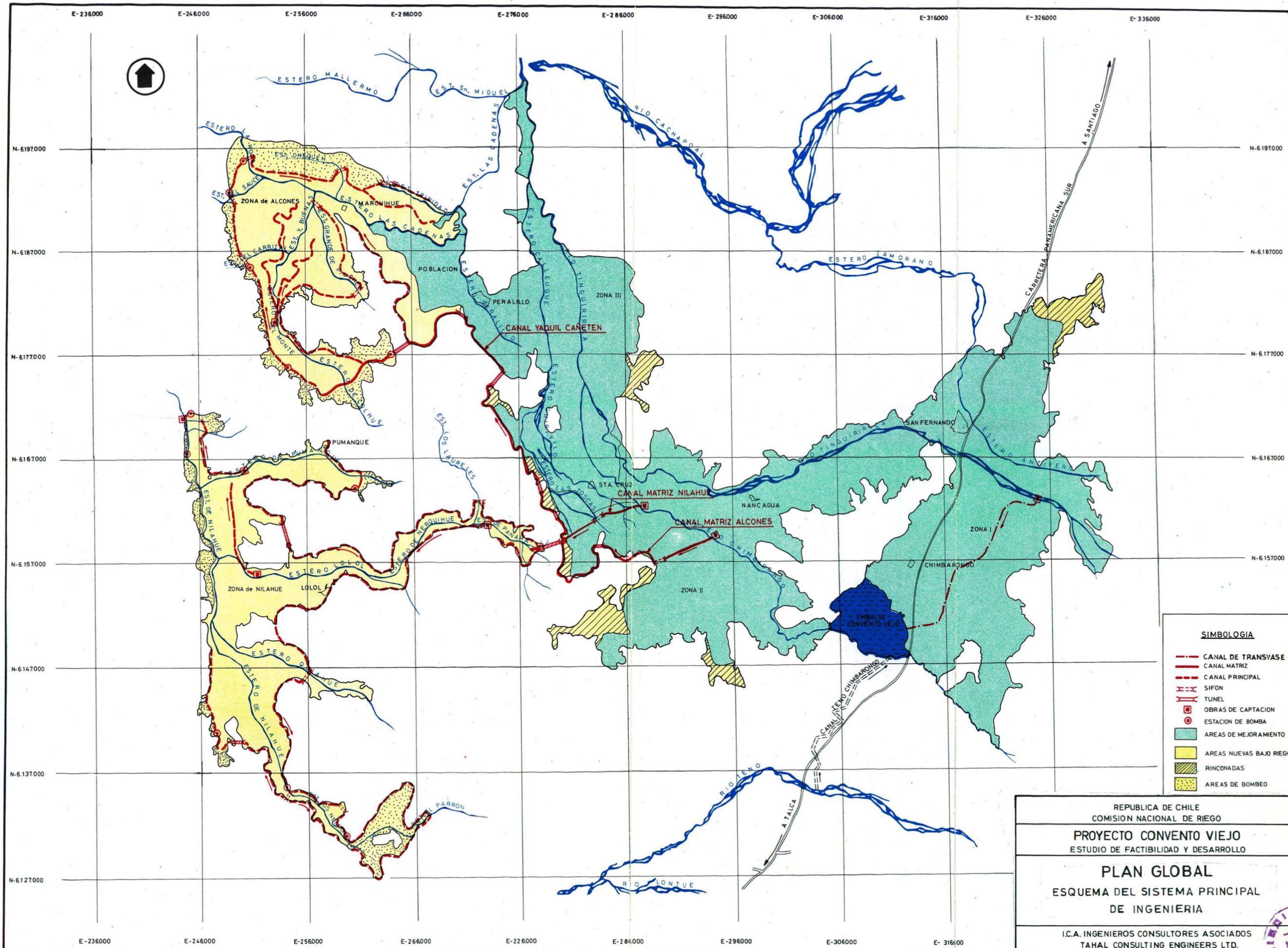
Se prevé que la mayoría de las labores de mantenimiento consistirán en la reparación de los taludes de los canales que sufran de erosión por acción de las lluvias, la remoción de las malezas de los canales de riego y drenaje para permitir su fácil acceso, la remoción de sedimentos en las bocatomas, tranques nocturnos y canales de aducción y el dragado y/o limpieza de los esteros.

Aunque los taludes se han planeado de manera de minimizar el proceso erosivo natural, se reconoce que no es económicamente factible diseñar y construir un sistema que prevenga por completo la erosión. En consecuencia, las entidades que intervengan en el manejo del Proyecto, deberán estar listas a prestar el mantenimiento necesario para evitar las fallas del sistema debidas a dicho fenómeno.

La limpieza de las malezas que crecen fuera de la cubeta de los canales, se podrá hacer por medios mecánicos o químicos, antes de comenzar la temporada de riegos. Las malezas acuáticas que crecen en las cubetas se podrán eliminar a mano antes de la temporada de riegos o por medios mecánicos utilizando brazos excavadores livianos acoplados al toma fuerzas de los tractores agrícolas.

El problema de la deposición de sedimentos no parece muy serio en la mayoría de los canales existentes, excepto en algunos tramos de esteros y en las bocatomas antes de la temporada de riego. Los informes disponibles sobre trabajos de remoción de sedimentos en los canales de riego actuales indican que la mayoría proviene de derrumbes ocasionales y erosión en los taludes.

Habrà que prestar mucha atención a estructuras tales como alcantarillas y sifones, para evitar que queden obstruidas por vegetación o sedimentos.



**SIMBOLOGIA**

- CANAL DE TRANSVASE
- CANAL MATRIZ
- CANAL PRINCIPAL
- SIFON
- TUNEL
- OBRAS DE CAPTACION
- ESTACION DE BOMBA
- AREAS DE MEJORAMIENTO
- AREAS NUEVAS BAJO RIEGO
- RINCONADAS
- AREAS DE BOMBEO

REPUBLICA DE CHILE  
 COMISION NACIONAL DE RIEGO  
**PROYECTO CONVENTO VIEJO**  
 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DESARROLLO  
**PLAN GLOBAL**  
 ESQUEMA DEL SISTEMA PRINCIPAL  
 DE INGENIERIA  
 I.C.A. INGENIEROS CONSULTORES ASOCIADOS  
 TAHAL CONSULTING ENGINEERS LTD.

