



GOBIERNO DE CHILE
COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO

**PROGRAMA
APLICACIÓN DESARROLLO TERRITORIAL PEQUEÑOS
AGRICULTORES PROVINCIA DEL CHOAPA**

Sub Programa Fortalecimiento de Organizaciones de Regantes

**“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO
EMBALSE CORRALES
RÍO CHOAPA”**

INFORME FINAL

RESUMEN Y CONCLUSIONES

CUENCA Ingenieros Consultores Ltda.

NOVIEMBRE 2006

ÍNDICE

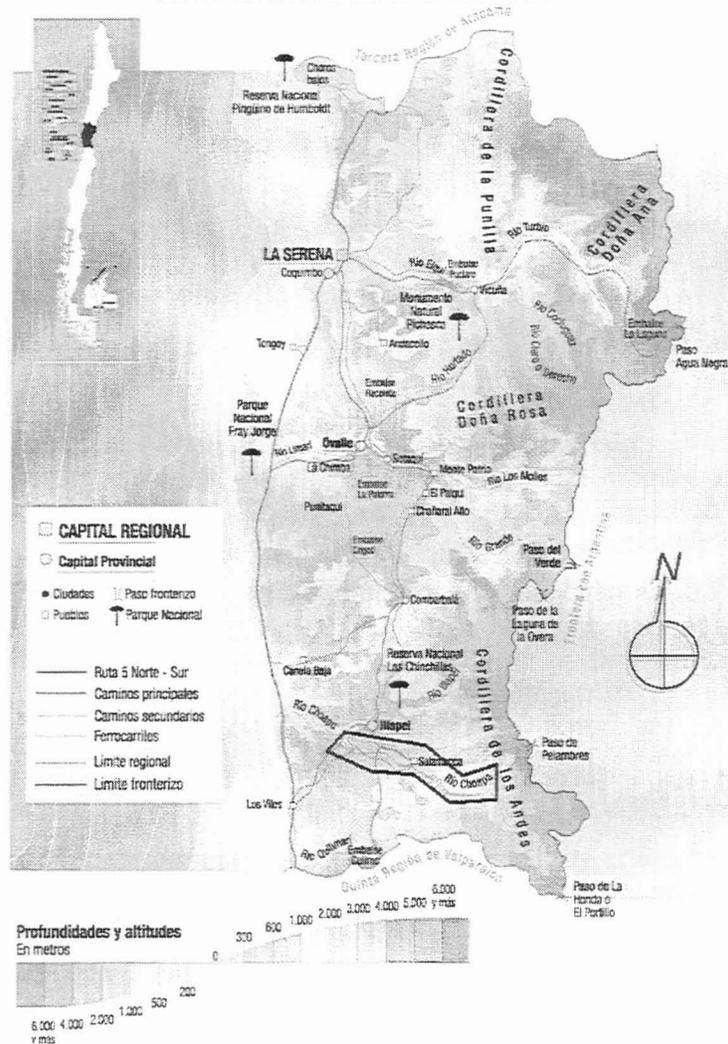
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y ASPECTOS METODOLÓGICOS	3
2.1	Descripción del Sistema	4
2.2	Aspectos Metodológicos	4
2.3	Productos del Estudio	7
2.4	Coordinación con la Junta de Vigilancia	8
3.	DIAGNÓSTICO DE LOS CANALES	9
3.1	Diagnóstico Canal Batuco	10
4.	CAUDALES POR CANAL	12
5.	SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS	13
6.	IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CON PROBLEMAS	14
7.	AFOROS, ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE PERDIDAS	15
7.1	Introducción	15
7.2	Método de Cálculo Empleado	15
7.3	Puntos de Aforos	15
7.4	Resultados de los Aforos	17
7.5	Antecedentes Teórico de las Pérdidas por Infiltración	17
7.6	Relación entre Aforos y Fórmulas Teóricas	18
7.7	Comentarios	20
8.	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES	21
8.1	Revestimiento de Canales	21
8.2	Entubamientos o Abovedamientos	24
8.3	Cruce de Quebradas	24
9.	INGRESO DE LA INFORMACIÓN AL SIG	26
10.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	30
10.1	Beneficios Atribuibles a las Alternativas de Mejoramiento	30
10.2	Evaluación Legal-Administrativa	32
10.3	Evaluación Económica Privada	33
10.4	Evaluación Económica Social	36
10.5	Evaluación Global de la Solución para la Cuenca	38
11.	CONCLUSIONES	39

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al informe final de la componente **“Optimización del Sistema de Riego Embalse Corrales - Río Choapa”** que forma parte del Programa de la Comisión Nacional de Riego “Aplicación Desarrollo Territorial Pequeños Agricultores Provincia del Choapa” (Código BIP 20192680-0, Sub-Programa “Fortalecimiento de Organizaciones de Regantes”). Este componente está dirigido a beneficiar a las organizaciones de usuarios de agua del sistema Choapa-Corrales. Para la realización de este trabajo se firmó un Convenio de Cooperación entre la Junta de Vigilancia del río Choapa y el Consultor.

El trabajo se desarrolló en el área de influencia del Embalse Corrales, bajo la jurisdicción de la Junta de Vigilancia del Río Choapa, ubicada en la Provincia de Choapa, IV Región. Específicamente entre la cabecera del valle hasta las inmediaciones de la confluencia con el río Illapel, abarcando principalmente localidades como Cuncumén, Quelén, Chilepín, Salamanca, El Tambo, Las Cañas, Limáhuida, Peralillo y Pintacura, entre otras. La Figura 1-1 muestra un plano de ubicación general de la zona del presente estudio.

FIGURA 1-1
UBICACIÓN ÁREA DE ESTUDIO



La población potencial beneficiaria son todos los agricultores ubicados en el área de influencia del Embalse Corrales, es decir, alrededor de 5.730 agricultores.

El **objetivo general** de este trabajo es contribuir al desarrollo de los regantes del área de influencia de la Junta de Vigilancia del río Choapa a través del mejoramiento de la gestión y mejor uso del recurso hídrico.

El propósito es fortalecer la capacidad de gestión y de control sobre el recurso hídrico, en el territorio de su jurisdicción, mediante el conocimiento de sus potencialidades y el aprovechamiento eficaz de la infraestructura existente y proyectada.

Los **objetivos específicos** son los siguientes:

- Elaboración de un análisis de la infraestructura de riego existente de los sistemas de riego influenciados por el embalse Corrales, mediante la descripción del sistema e identificación de los problemas e ineficiencias.
- Cuantificación de la eficiencia física y económica de la conducción y distribución del agua de la red de canales, identificando la problemática asociada y la determinación de sus causas.
- Recopilación y preparación de la información de la infraestructura de riego para su posterior ingreso al SIIR.
- Proposición de las soluciones de ingeniería a problemas identificados y diseños a nivel de prefactibilidad.
- Evaluación económica y análisis de la viabilidad técnica, legal y administrativa de las soluciones y su posible impacto. Evaluaciones globales de los resultados de mejoramiento de eficiencia y de optimización de los sistemas de riego.

Para cumplir con los objetivos indicados anteriormente, se desarrollaron los siguientes productos.

- Elaboración de un diagnóstico de los sistemas de riego existentes, mediante la descripción del sistema e identificación de los problemas e ineficiencias en la actual infraestructura de riego. Este trabajo se realizó para los 33 acanales que se encuentran bajo la influencia directa e indirecta del embalse Corrales.
- Cuantificación de las pérdidas de agua que se generan en los sistemas de canales y determinación de sus causas. Para ello se realizaron 3 corridas de aforos en 17 canales que presentaban los mayores problemas de infiltraciones, y en los 16 restantes, se cuantificaron sus pérdidas mediante relaciones empíricas y correlaciones con los aforos realizados en los otros canales.
- Recopilación y preparación de la información de la infraestructura de riego del área para su ingreso al SIIR de la Comisión Nacional de Riego.
- Proposición de soluciones de ingeniería a los problemas identificados, ya sean obras nuevas y/o mejoramiento de las ya existentes que optimicen los sistemas de riego y reduzcan las pérdidas de agua, a nivel de prefactibilidad para su costeo.
- Evaluación económica y evaluación global de los resultados de mejoramiento de eficiencia y de optimización de los sistemas de riego, definiendo el impacto esperado, aumento de seguridad de riego, aumento de superficie regada, etc. y el análisis de la viabilidad técnica, legal y administrativa de las soluciones propuestas.

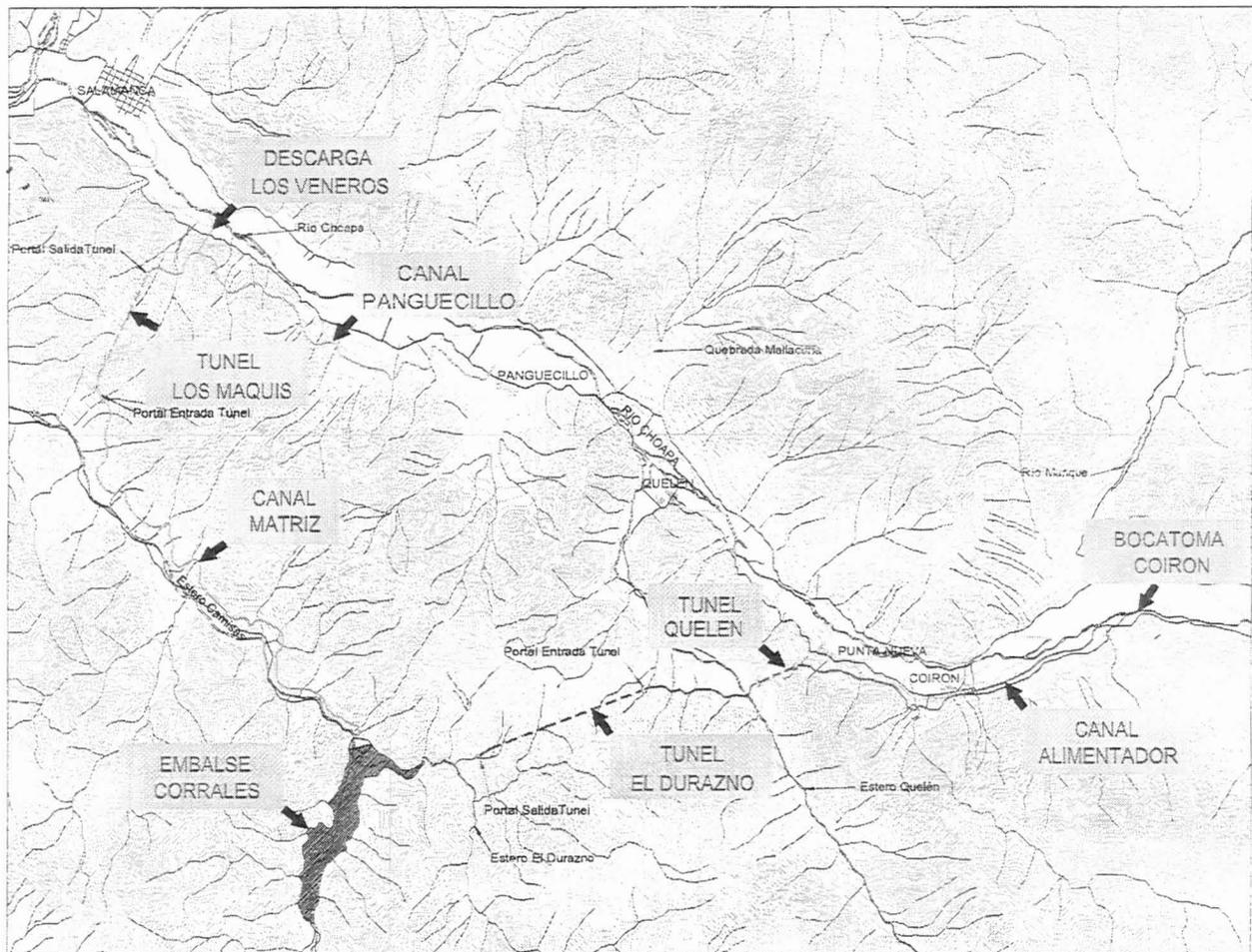
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

2.1 Descripción del Sistema

El Embalse Corrales está emplazado en la Cuarta Región de Coquimbo, Provincia del Choapa, Comuna de Salamanca, sobre el Estero Camisas y bajo la confluencia de los esteros El Durazno y Camisas, afluentes del río Choapa, a 30 Km al sureste de la ciudad de Salamanca.

El embalse Corrales propiamente tal es la obra principal del sistema de riego y como canales principales el canal Alimentador, canal Matriz y Panguecillo. En la Figura 2-1 se presentan las obras principales del sistema del embalse Corrales.

FIGURA 2-1
OBRAS PRINCIPALES SISTEMA DE RIEGO EMBALSE CORRALES



Tal como se observa en la figura anterior, el embalse Corrales corresponde a un embalse lateral al cauce principal, cuya de captación se encuentra en el río Choapa y por medio de un canal alimentador conduce estos recursos hacia el embalse que se localiza en la cuenca del estero Camisas.

El Embalse Corrales inició su construcción en diciembre de 1997 y actualmente se encuentra en operación.

La obra de captación se localiza en Coirón en el sector denominado Punta de Pavo, desde allí el agua es conducida por un canal que atraviesa 2 túneles que cruzan hasta el estero Camisas. Una vez embalsada el agua se conduce a las zonas de riego por medio de un Canal Matriz que se divide en dos canales que descargan al río Choapa, el canal Los Veneros y el canal Panguesillo. El primero descarga en el sector El Queñe y es capaz de conducir 4, 1m³/s quedando bajo su influencia los canales Buzeta, Caracha, El Boldo, Tahuincano, Los Loros, Las Viudas, Molino de Peralillo, Pintacura Alto Sur, Pintacura Bajo Norte, El Jote y El Batito. Estos dos últimos es posible que se alimenten a través del canal Buzeta. El canal Panguesillo descarga en el río Choapa en el sector del mismo nombre y es capaz de conducir 0,9 m³/s quedando bajo su influencia los canales Higueral, Pardo, Población y Aguas Claras.

El sistema de canales que se encuentran bajo la influencia del embalse Corrales y que son administrados por la Junta de Vigilancia del Río Choapa corresponde a 33 canales. En la Figura 2-2 se presenta el diagrama unifilar del sistema de canales bajo la influencia del Embalse Corrales.

Esta red de canales alcanza una longitud de más de 450 Km los cuales riegan alrededor de 10.680 há distribuidos en 3.205 regantes. Los derechos permanentes alcanzan a 8.432 acciones las cuales equivalen a 14,005 m³/s. En el Cuadro 2-1 se incluye la información resumida del sistema de canales.

2.2 Aspectos Metodológicos

Respecto a los aspectos metodológicos se puede indicar que el trabajo se dividió en tres etapas, las cuales se describen brevemente a continuación:

Etapas I: Análisis de la situación actual y Selección de Territorios

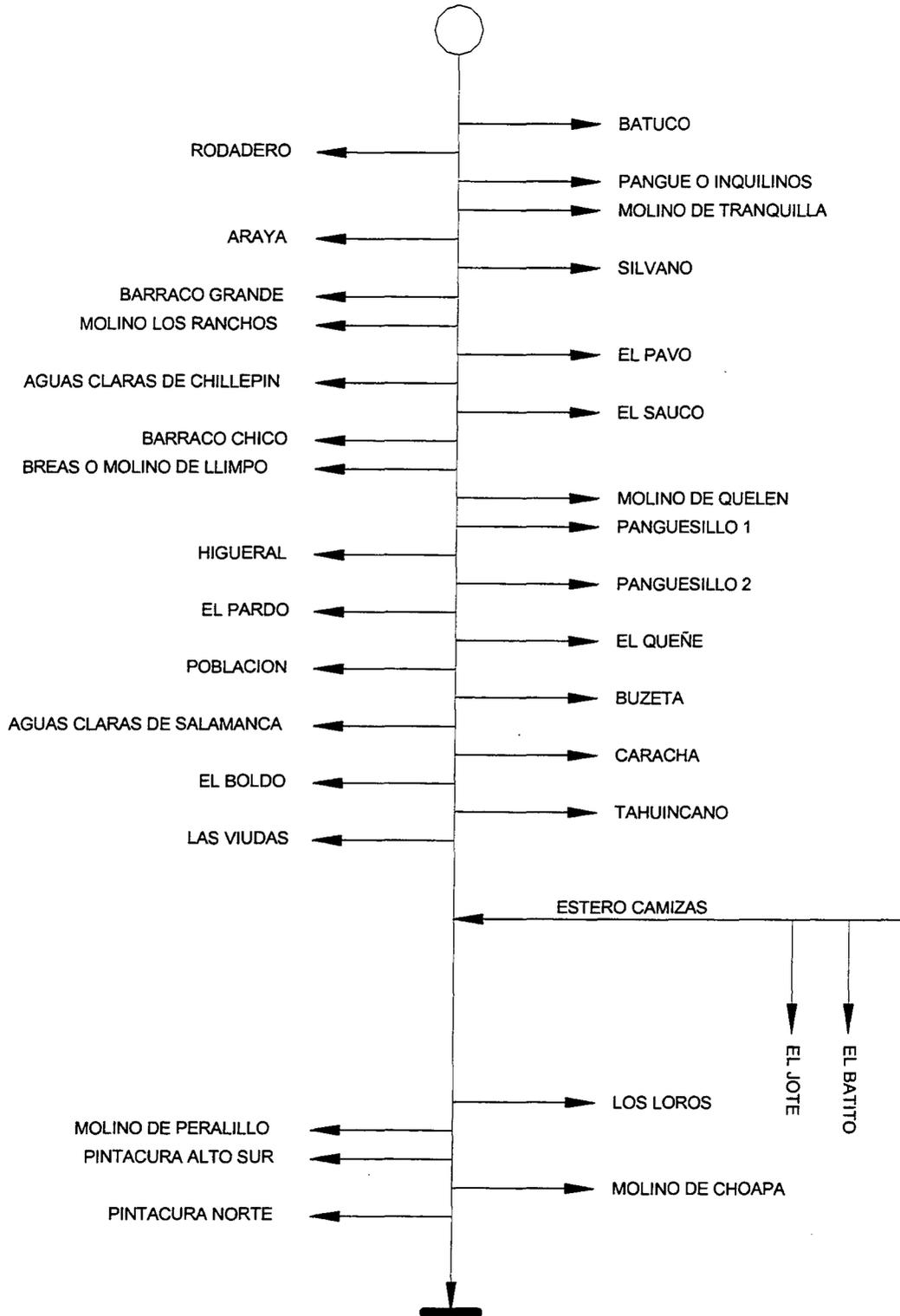
El análisis de la situación actual de los sistemas de riego se realizó en base a la recopilación de información existente, tales como la información del SIG de la CNR, información de la Junta de Vigilancia, recolección, y principalmente con la información primaria generada con los trabajos de terreno en los 33 canales del sistema de riego en estudio.

Para ello se realizó un recorrido completo de cada canal, con el objetivo de lograr información lo más detallada posible respecto a las obras de arte y singularidades existentes, su estado de conservación, identificación de sectores con problemas, etc., toda esta información fue registrada mediante GPS y se elaboró una ficha con una fotografía y monografía de la obra. Se seleccionaron todos los canales para el diagnóstico detallado.

También se recopiló la información cartográfica escala 1:10.000 de la CNR que se desarrolló con motivo del Estudio Integral de Riego del Proyecto Choapa, la cual se encuentra digitalizada.

El diagnóstico propiamente tal consideró la identificación de las obras de arte y singularidades existentes y la identificación de sectores con problemas, para culminar con el proceso de georeferenciación de los casos señalados.

FIGURA 2-2
 DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA DE CANALES BAJO LA INFLUENCIA
 DEL EMBALSE CORRALES



CUADRO 2-1
RESUMEN INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE CANALES BAJO INFLUENCIA EMBALSE CORRALES

	NOMBRE CANAL	CAUDAL (l/s)		ACCIONES	LONGITUD (km)	SUPERFICIE (há)	N° DE REGANTES	PRESIDENTES	INSCRIPCIÓN		
		Permanentes	Eventual						NÚMERO	FOJAS	AÑO
1	Batuco	105,62		88,02	7,2	89	74	Adan Vega Villalovos	160	90	1989
2	Rodadero	350,00		238,2	9	240	45	Manuel Antonio Chavez Gallardo	116	63	1992
3	Pangue o Inquilino	300,00		224,78	15	224	142	Luis Cotes Cortes	206	109	1989
4	Molino de Tranquilla	300,00		230,18	9,9	230	119	Placido Cortes	283	129	1989
5	Araya	350,00		311,48	15	320	30	Eugenio Enrique Cofre Cuevas	119 vta.	64	1992
6	Silvano	1574,00		1312	52	1300	195	Bernardino Jacobo Varas Castro	259	124	1989
7	Barraco Grande	400,00		100,1	15	252	82	Luis Lohse Lohse	122 vta.	65	1992
8	Molino Los Ranchos	350,00		100	9,5	261	181	Nelson Duran	77	48	1992
9	El Pavo	180,00		157,16	8	149	74	Dario Elias Ossando Aguilera	89	50	1992
10	Aguas Claras de Chilepin	80,00		100	2,1	48,4	11	Pedro Saavedra Pereira	87	49	1992
11	Sauco	350,00		262,1	14	260	67	Claudio Villarroel Flores	95	51	1992
12	Barraco Chico	50,00		100	2,5	29	4	Lino Vega Moyano	100	52	1992
13	Brea o Molino de Llimpo	1000,00		1000	18	426	121	Miguel Cortes Gonzalez	292	130	1989
14	Molino de Quelen	124,00		103,9	7	105	65	Manuel Gonzalez Barraza	155	89	1989
15	Panguecillo Uno o del Medio	500,00		350,43	15	350	185	Humberto Barraza	127 vta.	66	1992
16	Higueral	500,00		357,34	16,5	350	159	Sergio Araya González	481	171	1989
17	Panguecillo Dos	100,00		81,83	4,1	83	20	Silvano Fajardo Olivares	46	38	1992
18	Pardo	530,00		428,75	17,5	328,6	150	Estela Maira Gazzana	271	125	1989
19	El Queñe	100,00		89,27	5,9	90,3	33	Tomas Gonzalez Barraza	507	179	1989
20	Buzeta	3000,00		100	92	2500	450	Alejandro Aguilera Acosta	448	169	1989
21	Aguas Claras de Salamanca	25,00		15,81	1,6	25	10	Maria Eugenia Cortes Riquelme	281	128	1989
22	Caracha	500,00		403,2	15,3	400	217	Mario Pizarro Alamos	246	123	1989
23	El Boldo	800,00		714,53	20	750	132	Juan Luis de la Jara	139 vta.	68	1992
24	Poblacion	397,00		350,86	12	226,5	235	Vicente Chavez Vaes	433	167	1989
25	Tahuincano	350,00		350,98	7,2	324	142	Eugenio del C. Lemus Carvajal	415	162	1989
26	Las Viudas	220,00		103,38	7,5	217,5	53	Sonia Kratter P.	149 vta.	69	1992
27	Los Loros o del Medio	80,00		100	4	10,5	4	Joselito Alviña Campos	137 vta.	67	1992
28	Molino de Peralillo	310,00		265,68	8,5	266	32	Luis Bugueño Bugueño	185	82	1992
29	Pintacura Alto Sur	670,00		100	25	470	76	Manuel Chavez Barraza	493	173	1989
30	Pintacura Bajo Norte	200,00		100	3	80,5	9	Dionisio Adones Jimenez	355	146	1989
31	El Batito	20,00		18	3,7	80,2	7	Miguel Valencia Ordenez	93	170	1989
32	El Jote	120,00		107,25	3,5	123,7	33	Daniel Vargas Salinas	308	134	1989
33	Molino de Choapa	70,00		66,78	7	72	48	Aldo Ruiz	160	72	1992
	TOTAL	14005,62		8432,01	453,50	10681,20	3205,00				

Etapla II: Determinación y Cuantificación de la Eficiencia Física y Económica del Sistema y Desarrollo de Soluciones

En todos los canales del sistema se realizó un diagnóstico detallado, identificando sus obras y puntos críticos.

Una vez identificados los problemas de las pérdidas por filtraciones en los distintos canales se realizaron reuniones con personeros de la Junta de Vigilancia del río Choapa para determinar en conjunto cuáles serían aquellos canales y sectores en donde se producen las mayores pérdidas, las que se cuantificaron en forma teórica y mediante la realización de aforos.

En aquellos canales y tramos en donde se producen las mayores pérdidas, se realizaron 3 corridas de aforos en distintos momentos para la cuantificación de las pérdidas. Las fechas de las distintas corridas de aforos fueron en los meses de diciembre de 2005, enero y febrero de 2006.

Este trabajo se realizó con un molinete marca Gurley Modelo 622 AA, que va montado sobre barras de 1.0 m con marcas cada 10 cm, estas barras son colocadas sobre lecho del fondo del canal. El molinete es deslizado a lo largo de la barra fijándolo en cada punto que se desee medir la velocidad.

Se confeccionó una ficha de terreno en la cual se identifica el canal, ubicación, descripción, fecha, coordenadas, abscisas, profundidad total, profundidad de observación, número de vueltas y tiempo. Los datos obtenidos en terreno de las tres corridas de aforos realizadas, se ingresaron a una base de datos para ser calculados mediante un programa Basic. Con los resultados de los aforos se determinó la variación porcentual del caudal de pérdida o recuperación.

En función de los problemas detectados, se planteó el diseño de obras a nivel de prefactibilidad y proposición de sistemas de manejo que permitan reducir las pérdidas y regular aguas, determinando los costos de las obras propuestas.

Etapla III: Evaluación Técnica y Económica

Se realizó una evaluación global tanto a nivel técnico, económico social y privado y de aspectos legales y administrativo de las propuestas de mejoramiento a la optimización de la eficiencia en la conducción y distribución del agua de riego del sistema de riego del embalse Corrales.

Específicamente respecto a la evaluación económica se calculó la superficie total de mejoramiento equivalente para cada canal, los beneficios correspondientes y los costos de las obras para cada caso. Con estas cifras de beneficios y costos, se determinaron finalmente los parámetros económicos de la evaluación, a 30 años y con una tasa de descuento del 8%, de acuerdo con los criterios de Mideplan.

2.3 Productos del Estudio

Los productos generados en este estudio son los siguientes:

- a) Elaboración de un diagnóstico en todo el sistema de riego compuesto por los 33 canales que se encuentran bajo la influencia del embalse Corrales mediante la descripción del

sistema e identificación de los problemas e ineficiencias en la actual infraestructura de riego.

- b) Cuantificación de las pérdidas de agua que se generan en los sistemas de canales y determinación de sus causas, con énfasis en canales seleccionados.
- c) Recopilación y preparación de la información de la infraestructura de riego del área para posterior ingreso de esta información al SIIR (CNR y/o Junta).
- d) Proposición de soluciones de ingeniería a problemas identificados y diseños a nivel de prefactibilidad.
- e) Evaluación económica y análisis de la viabilidad técnica, legal y administrativa de las soluciones y su posible impacto.

2.4 Coordinación con la Junta de Vigilancia

Para el presente estudio se coordinó conjuntamente con la Junta de Vigilancia del Río Choapa los alcances del presente estudio, especialmente lo relacionado con la programación y coordinación con los celadores de los canales para el apoyo de los trabajos de terreno y de los canales y puntos de aforos.

Para tal efecto se firmó un Convenio de Cooperación entre ambas partes estableciendo lo siguiente:

- La Junta de Vigilancia del Río Choapa se compromete con la Consultora en apoyar y facilitar la gestión que la Consultora realizará en terreno.
- Este compromiso se refiere a contactar o presentar a los dirigentes o celadores de los canales para que acompañen a los integrantes de la Consultora en sus trabajos de terreno.
- Acordar conjuntamente con la Consultora los puntos en donde se realizarán los aforos comprometidos en el estudio y acompañar por medio de dirigentes o representantes de los canales a la realización de estos trabajos.
- La Consultora mantendrá informado a la Junta de Vigilancia los trabajos realizados.
- La información que se genere en el estudio será estrictamente confidencial y sólo se dará a conocer por medio de los informes de etapas e informe final a la Comisión Nacional de Riego.

Para los trabajos realizados en terreno, se coordinó con la Junta de Vigilancia la ubicación exacta de los lugares con mayores problemas y lugares de acceso a tales puntos.

Durante los recorridos de los canales se contó con la ayuda de los celadores quienes conocen con mayor detalle los problemas que presentan los canales.

3. DIAGNÓSTICO DE LOS CANALES

Ficha de catastro y proposición de obras

Con el fin de traspasar la información básica de terreno, se confeccionó una ficha de catastro y proposición de obras. Esta ficha contiene la siguiente información:

- En el primer recuadro se incluye una fotografía representativa de la situación.
- En el segundo recuadro de la ficha se adjunta un croquis de referencia de la obra o del problema.
- Se identifica el nombre del canal.
- Se identifica la obra con un número correlativo.
- Se indica si obra es existente o el lugar en donde propone proyectar una obra.
- Se indican las coordenadas de la obra. En algunos casos de indica la coordenada de inicio y final de la obra existente o proyectada.
- Se indica el tipo de obra corresponde: Bocatoma, Compuerta Admisión, Compuerta Devolución, Marco Partidor, Canoa, Cruce Quebrada, Puente, Alcantarilla, Sifón, Túnel, Caída, Revestimiento, Tranque, Tubería y Otro.
- Posteriormente, se consignan algunas observaciones o características de la obra.

Obtención de coordenadas

Las coordenadas del tipo UTM obtenidas en terreno para cada obra visitada fueron realizadas mediante un GPS modelo Garmin e-Trex Euro. El Datum seleccionado fue el Sud Americano 56 y en uso 19.

El sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema basado en señales de radios emitidas por la constelación satelital GPS, la cual está formada por 24 satélites, los cuales orbitan la tierra a una altura aproximada de 20 kilómetros de altura, durante las 24 horas del día, desplazándose a una velocidad de 14.500 kilómetros por hora. Esta señal es captada por equipos receptores GPS que tienen incluidos procesadores computacionales, los que después de una serie de cálculos internos (que son automáticos), entrega una coordenada geográfica, incluyendo la altitud, con una margen de error de aproximadamente entre 5 a 10 metros. De esta manera el usuario pueda averiguar su ubicación en el espacio geográfico.

Una vez definido cada punto que identifica una obra en particular, se traspasó esta información a los planos SIG de la CNR. En algunos casos, como los puntos definidos por la intercepción entre un cruce de quebrada y un canal, fue necesario un ajuste gráfico para ubicar la obra exactamente sobre este cruce.

Diagnóstico de los canales

A continuación se presenta a modo de ejemplo el diagnóstico del canal Batuco, correspondiente al primer canal del río Choapa. Este diagnóstico fue apoyado por fotografías y por la ficha de cada obra.

3.1 Diagnóstico Canal Batuco

a) Derechos de aprovechamiento

Derechos	Acciones	Caudal equivalente (l/s)
Permanentes	88.02	105.62
Eventuales		
Total	88.02	105.62

Nota: La información de derechos de aprovechamiento que se entrega en este cuadro corresponde a los registros actualizados de la Junta de Vigilancia del Río Choapa a Agosto de 2.005.

b) Organización legal

Organizada legalmente	Sí	No
	X	

Inscripción en el Registro de Propiedad de Aguas

Fojas: 90

Numero: 160

Año: 1989

Presidente: Adán Vega Villalobos

c) Superficie y número de regantes

CANAL	NOMBRE	SUPERFICIE (há)	N° DE REGANTES
Matriz	Batuco	89	74

d) Bocatoma

Tipo de captación: Bocatoma temporal con patas de cabra, palos, ramas, champas y tierra.

Ubicación: Ribera sur río Choapa a costado norte camino a Almendrillo a final de población Batuco.

Coordenadas UTM: N= 6.463.379; E= 349.235

e) Descripción

El canal se abastece de los recursos hídricos del Río Choapa.

La bocatoma se localiza en el sector de Batuco, aproximadamente a 60 Km al oriente de la ciudad de Salamanca.

En la Fotografía 1 se muestra la bocatoma del canal Batuco.

FOTOGRAFÍA 1 BOCATOMA DEL CANAL BATUCO



Recorrido del canal:

Obra N° 1: Toma rústica de patas de cabra, piedras, palos, champas y arena, ubicada en Batuco al termino de la población, 350 m aproximadamente al noreste camino a Almendrillo.

Coordenadas: N= 6.463.379; E= 349.235

Obra N° 2: Compuertas de admisión y devolución, metálicas en base de hormigón, desde éstas al aforador el canal está revestido 10 m, aproximadamente.

Coordenadas: N= 6.463.444; E= 349.183

Obra N° 3: Aforador en base de hormigón.

Coordenadas: N= 6.463.456; E= 394.180

Obra N° 4: En este sector el río choca con barranco y sobre éste pasa el canal, quedando expuesto a derrumbes y filtraciones, lo que interrumpiría su trayecto. La longitud afectada es 10 m, aproximadamente. Solicitan colocar canoa.

Coordenadas: N= 6.463.613; E= 348.813

Obra N° 5: Puente rústico de madera de 3 m de longitud, utilizado para el paso a parcelas. Canal abajo se encuentran las compuertas de admisión y devolución, éstas son metálicas con base de hormigón armado utilizadas para alimentar canal secundario.

Coordenadas: N= 6.463.618; E= 348.746

Obra N° 6: Tubo de cemento de 7 m de largo, aproximadamente, utilizado como puente a la salida de la población camino a Almendrillo.

Coordenadas: N= 6.463.701; E= 348.595

Obra N° 7: Quebrada De Tapia En este sector el canal fue entubado en una longitud de 25 m, aproximadamente, pero la quebrada en sus crecidas destruyó la obra, lo que provoca roturas y embancamientos del canal cada vez que hay precipitaciones, interrumpiendo la trayectoria del canal.

Solicitan entubar este sector (25 m aproximadamente) y proteger con mampostería de piedras.

Coordenadas: N= 6.464.473; E= 348.214

Obra N° 8: Cruce de quebrada, en este sector el canal fue entubado 30 m, aproximadamente. La quebrada en sus crecidas a erosionado una parte de esta obra quedando la tubería en el aire y propensa a roturas.

Este sector se denomina como Quebrada Los Romeros.

Coordenadas: N= 6.464.724; E= 348.059

Obra N° 9: Cruce de quebrada, en este sector el canal fue entubado 30 m, aproximadamente, y cubierto por rocas y tierra, esta obra se encuentra en buen estado.

Coordenadas: N= 6.464.831; E= 347.995

Obra N° 10: El canal desemboca en quebrada que está a la entrada de población en Batuco.

Coordenadas: N= 6.465.740; E= 347.695

Conclusiones

En el recorrido por el canal se puede apreciar que los mayores problemas se presentan en los cruces de quebradas, los cuales cada vez que hay precipitaciones interrumpen la trayectoria del canal, dificultando el normal uso del recurso agua.

En obra N° 4 se señala que el río está socavando el sector donde pasa el canal. Si este sector es dañado, el 100% de los regantes se verían perjudicados ya que este punto se encuentra al inicio del canal.

4. CAUDALES POR CANAL

Los caudales de los canales que se considerarán para el análisis corresponderán a aquellos que quedan definidos de acuerdo a la situación de sus derechos de aguas.

En el cuadro siguiente se resume dicha información la cual incluye, el número de acciones y su equivalencia en l/s, y la inscripción en el Conservador de Bienes Raíces.

CUADRO 4-1
DATOS DE INSCRIPCIÓN Y EQUIVALENCIA CANALES RÍO CHOAPA

	CANAL	ACCIONES	EQUIVALENCIA (l/s)	INSCRIPCIÓN		
				Fojas	Nº	Año
1	Batuco	88.02	105.62	90	160	1989
2	Rodadero	238.2	350.00	63	116	1992
3	Pangue o Inquilino	224.78	300.00	109	206	1989
4	Molino de Tranquilla	230.18	300.00	129	283	1989
5	Araya	311.48	350.00	64	119 vta.	1992
6	Silvano	1312	1574.00	124	259	1989
7	Barraco Grande	100.1	400.00	65	122 vta.	1992
8	Molino Los Ranchos	100	350.00	48	77	1992
9	El Pavo	157.16	180.00	50	89	1992
10	Aguas Claras de Chillepín	100	80.00	49	87	1992
11	Sauco	262.1	350.00	51	95	1992
12	Barraco Chico	100	50.00	52	100	1992
13	Brea o Molino de Llimpo	1000	1000.00	130	292	1989
14	Molino de Quelén	103.9	124.00	89	155	1989
15	Panguecillo Uno o del Medio	350.43	500.00	66	127 vta.	1992
16	Higueral	357.34	500.00	171	481	1989
17	Panguecillo Dos	81.83	100.00	38	46	1992
18	Pardo	428.75	530.00	125	271	1989
19	El Queñe	89.27	100.00	179	507	1989
20	Población	350.86	397.00	167	433	1989
21	Buzeta	100	3000.00	169	448	1989
22	Aguas Claras de Salamanca	15.81	25.00	128	281	1989
23	Caracha	403.2	500.00	123	246	1989
24	El Boldo o Chuchiñí	714.53	800.00	68	139 vta.	1992
25	Tahuincano	350.98	350.00	162	415	1989
26	Las Viudas	103.38	220.00	69	149 vta.	1992
27	Los Loros o del Medio	100	80.00	67	137 vta.	1992
28	Molino de Peralillo	265.68	310.00	82	185	1992
29	Canal El Molino de Choapa	66.78	70	72	160	1992
30	Pintacura Alto Sur	100	670.00	173	493	1989
31	Pintacura Bajo Norte		200.00	146	355	1989
32	El Batito	18	20.00	170	93	1989
33	El Jote	107	120.00	134	308	1989

5. SELECCIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS

El análisis de la situación actual de los sistemas de riego se realizó en base a la recopilación de información existente, tanto la que disponen las organizaciones de regantes, como también mediante la recolección y validación de información en terreno, sobre el área de influencia del embalse Corrales.

Se realizó un recorrido completo de cada canal, con el objetivo de lograr la información lo más detallada posible para cada canal, la que incluye el estado de conservación, obras de arte y singularidades, identificación de sectores con problemas, registros fotográficos y georeferenciación de cada singularidad a nivel de GPS, con el objetivo de subirlo al SIG.

Inicialmente se debía seleccionar canales prioritarios a diagnosticar con mayor grado de detalle, los cuales en conjunto deberían abarcar a lo menos un 80% del área de influencia del Embalse Corrales. Entre los factores a considerar en esta selección estaban aspectos netamente técnicos.

Otros elementos que se propuso deberían analizarse en conjunto con el mandante y la Junta de Vigilancia del río Choapa, eran aspectos relacionados de la cobertura espacial de los canales, es decir, que queden representados los distintos sectores geográficos, importancia de los problemas detectados, magnitudes de las obras que se propongan para la solución de los problemas, etc.

En la medida que se fue desarrollando el estudio, y dada la importancia que manifestaron las propias organizaciones respecto a la importancia de cada uno de los canales, el diagnóstico de detalle se realizó abarcando los 33 canales que se encuentran bajo la influencia directa e indirecta del Embalse Corrales, es decir, se consideró el 100 % del área de influencia.

Para efectos de la cuantificación de las pérdidas se realizaron 3 corridas de aforos en 18 canales, los cuales fueron definidos con personeros de la Junta de Vigilancia considerando la experiencia que ellos tenían respecto a los sectores que presentaban los mayores problemas de filtraciones. Para la evaluación de las pérdidas en los 15 canales restantes se utilizaron fórmulas empíricas y se correlacionaron sus resultados con los aforos realizados para definir una curva representativa en función de los distintos rangos de caudales. De esta manera se pudo evaluar las pérdidas de todos los canales bajo la influencia del embalse Corrales.

6. IDENTIFICACIÓN DE SECTORES CON PROBLEMAS

Como resultado de los trabajos de terreno y de la inspección que se realizó en cada uno de los canales del estudio, se identificaron aquellos sectores y puntos singulares que presentan algún tipo de problema.

Entre los tipos de problemas más frecuentes se puede indicar a modo de ejemplo a los siguientes:

- Sectores de filtraciones
- Cruce de estero y quebradas
- Problema de estabilidad del canal o del cerro adyacente
- Paso bajo nivel de calle
- Falta de pasos de quebradas sobre canal
- Falta de muros
- Problema de inestabilidad del cerro
- Reparación de obras de arte, canoas, sifones, puentes, etc.
- Problemas menores, posibles de abordar como parte de la mantención y conservación habitual de los canales
- Reparaciones menores a muros, compuertas y otro tipo de obras
- Mantención obras menores

La información fue recopilada y recogida en las fichas de catastros.

Para cada uno de los canales se presenta un detalle de los puntos conflictivos y la proposición de soluciones. Los cuadros en donde se resume la información contiene los siguientes datos:

- Identificación de la obra con un número correlativo y su nombre
- Ubicación en coordenadas UTM
- Observaciones respecto a la obra en su situación actual
- Proposición de soluciones.

7. AFOROS, ANÁLISIS Y CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS

7.1 Introducción

Se denomina aforo a la medición del volumen de agua que pasa por una sección transversal, ya sea de un río o un canal en la unidad de tiempo.

Existen variados métodos de medición, pero el de uso más común es el realizado con molinete, existiendo los montados en barras y los suspendidos por cable.

El primero utilizado en ríos pequeños, esteros, vertientes o canales que pueden ser fácilmente vadeados a pie. El segundo es de uso general en todos los ríos.

Para este trabajo se utilizó el molinete marca Gurley Modelo 622 AA, que va montado sobre barras de 1.0 m con marcas cada 10 cm, estas barras son colocadas sobre lecho del fondo del canal. El molinete es deslizado a lo largo de la barra fijándolo en cada punto que se desee medir la velocidad. Especial importancia para la realización de estos aforos es la utilización solo de molinetes calibrados para evitar errores de medición.

7.2 Método de Cálculo Empleado

Para las mediciones realizadas en terreno se confeccionó una ficha de AFORO TERRENO, en la cual se identifica el canal, ubicación, descripción, fecha, coordenadas, abscisas, profundidad total, profundidad de observación, número de vueltas y tiempo.

Con los datos obtenidos en terreno de las tres corridas de aforos realizadas, se ingresaron a una base de datos para ser calculados mediante un programa Basic.

De los resultados se confeccionó un cuadro de resumen de aforos que indica la ubicación donde se realizó la medición, coordenadas UTM del punto medido, el caudal medido en m³/seg, el tramo de inicio de la medición y término del tramo a medir, longitud total del tramo medido.

A partir de esta información se determinó la variación porcentual del caudal de pérdida o recuperación en porcentaje por kilómetro (%/km).

7.3 Puntos de Aforos

Una vez identificados los problemas de las pérdidas por filtraciones en los distintos canales se realizaron reuniones con la Junta de Vigilancia del río Choapa para determinar en conjunto cuáles serían aquellos canales y sectores en donde se producen las mayores pérdidas, las que se cuantificaron en forma teórica y mediante la realización de aforos. En el Cuadro 7-1 se presenta el listado y ubicación de los puntos de aforos seleccionados. Se adjunta cuadro de resumen de aforos.

**CUADRO 7-1
UBICACIÓN DE PUNTOS DE AFOROS**

Nº	CANAL	PUNTO DE LOS AFOROS	UBICACIÓN DEL PUNTO DE AFORO	
			UTM ESTE	UTM NORTE
1	Rodadero	Aforador	348.890	6.463.857
		Antes entrega a tranque	347.766	6.466.428
2	Pangue	Aforador	347.753	6.465.429
		Antes primer cruce de camino	346.888	6.467.471
		Antes de quebrada de Culenco	342.139	6.469.284
3	Molino de Tranquilla	Aforador	346.466	6.468.729
		Puente sector Qda. Culenco	341.714	6.469.959
4	Araya	Aforador	344.259	6.470.159
		Antes Chillepin	338.309	6.472.030
5	Silvano	Aforador	341.839	6.470.231
		Sector Qda. Nocuy	331.341	6.468.490
		Antes Ramal (Sector de Quelén)	327.758	6.471.393
		Sector Las Mineras	324.781	6.474.944
6	Barraco Grande	Aforador	341.499	6.470.277
		La Higuera	337.948	6.471.734
		Entrada Sifón Estero Manque	335.420	6.471.821
7	Molino Los Ranchos	Aforador	339.331	6.470.759
		Entrada Sifón Estero Manque	335.328	6.471.410
8	Sauco	Aforador	333.741	6.469.937
		Antes entrega a tranque	330.969	6.469.723
9	Breas o Molino de Llimpo	Aforador	328.540	6.471.730
		Sector quebrada Culebrón	324.908	6.476.197
		Quebrada El Diablo	322.608	6.478.365
10	Higueral	Aforador	321.868	6.477.527
		Antes Ramal	319.683	6.478.368
		Antes Quebrada El Consuelo	316.681	6.481.874
11	Pardo	Aforador	319.160	6.478.152
		Sector Fundo Saavedra	318.271	6.473.668
		Antes Quebrada El Consuelo	315.694	6.482.198
		Sector cruce Sr. Julio Escudero	313.641	6.484.438
12	Población	Aforador	315.887	6.479.507
		Antes Qda. El Consuelo	314.891	6.483.358
13	Panguesillo Uno	Aforador	324.275	6.475.939
		Final revestimiento	324.070	6.476.156
		Aforo en Qda. Panguesillo	321.399	6.476.942
		Antes de La Higuera	320.345	6.476.947
14	Buzeta	Aforador, aguas abajo 120 m.	314.606	6.480.618
		Sector El Tambo Viejo	310.317	6.480.813
		Sector Colliguay	309.274	6.477.634
		Sector Los Loros	301.764	6.484.734
		Antes La Yoli	294.983	6.483.463
		Antes de Las Cañas	291.245	6.485.932
15	Caracha	Sector la Parroquia	310.555	6.481.363
		Antes de entrega al tranque	309.647	6.479.874
16	Boldo	Aforador	311.592	6.482.630
		Antes Qda. Quilmenco	307.067	6.485.048
		Aforador sector Mal Paso	302.042	6.486.345
		Cerro Blanco	299.366	6.488.926
17	Molino de Peralillo	Aforador	301.845	6.485.756
		Sector Escuela Peralillo	299.036	6.486.750
18	Pintacura Alto Sur	Aforador	297.030	6.486.432
		Sector Qda. Tuquen	294.774	6.487.556
		Población	292.237	6.488.531
		Sector Qda. La Arena	290.607	6.489.466
19	Molino de Quelén	Aforador	327.297	6.472.843
		Sector la Escuela	325.852	6.473.417

7.4 Resultados de los Aforos

Con las mediciones obtenidas para cada punto aforado y la longitud del tramo aforado, se determinó las pérdidas de caudal, en porcentaje por kilómetro, para lo cual se realizaron las mediciones en 3 corridas de aforos. Con los resultados obtenidos en los canales de la Cuenca del Choapa se confeccionó un cuadro resumen para cada corrida de aforo realizado.

Con los cálculos realizados se pudo determinar los rangos de pérdida o recuperación para cada canal, teniendo presente que se debe considerar como rango de pérdida normal de agua un 1%/km en los canales de tierra. De los resultados obtenidos, se determinó que pérdidas o recuperación tienen los canales.

7.5 Antecedentes Teórico de las Perdidas por Infiltración

La infiltración consiste en el movimiento del agua a través de los suelos de las paredes laterales y del fondo del canal.

Debido al gran número de variables que intervienen en este proceso, no es posible establecer una relación general para determinar la velocidad de infiltración y, por lo tanto, el caudal que se pierde por este concepto. Los factores que influyen en la infiltración son:

- Las características del suelo.
- La altura de agua, el perímetro mojado, y la posición de la napa subterránea.
- La cuantía de los materiales en suspensión acarreados por el agua, la velocidad del escurrimiento y el tiempo de operación del canal desde su puesta en agua.

La característica del suelo más relevante es el factor de permeabilidad. Respecto de los otros factores señalados, puede indicarse que la pérdida por infiltración aumenta con la altura de agua en el canal y también aumenta con la diferencia de altura entre el nivel de agua en el canal y el nivel de la napa freática.

La repartición de las pérdidas por infiltración entre las paredes laterales y el fondo del canal, depende de la posición de la napa freática y también de la posición del suelo impermeable. Si la napa freática está a poca profundidad, la contribución de los taludes es mayor que la del fondo y ocurre lo inverso cuando la napa freática es muy profunda. Sin embargo en todos los casos, las pérdidas mayores de infiltración ocurren en las esquinas de unión entre taludes y fondo.

Los sedimentos en suspensión conducidos por el agua del canal, son también llevados por el agua que se filtra en el terreno, produciendo una colmatación de los poros del suelo. Si el agua tiene una concentración de sólidos en suspensión, la velocidad de infiltración disminuirá al cabo de un cierto tiempo. Si la velocidad del escurrimiento en el canal disminuye, se producirá depositación de los sedimentos en suspensión formándose a lo largo del perímetro mojado una capa delgada de sedimentos de menor permeabilidad, lo que contribuirá a disminuir las pérdidas por infiltración del canal.

El U.S. Bureau of Reclamation, a raíz de estudios efectuados en diferentes canales propuso la siguiente fórmula empírica, conocida como fórmula de Moritz:

$$I = 0,0115 \cdot C \cdot \sqrt{\frac{Q}{v}} \quad (1)$$

siendo:

I	=	Infiltración en (m ³ /s) por km de canal
v	=	Velocidad media en (m/s)
Q	=	Caudal en (m ³ /s)
C	=	Constante que depende del tipo de terreno

Por otra parte, si se trata de determinar la infiltración "I" en un tramo de canal de longitud "L" en km y aceptando que la velocidad media es un valor relativamente constante en el tramo y que la única variación de caudal es debida a la infiltración, según la fórmula de Moritz, se cumple:

$$I = Q_0 \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{0,0115 \cdot C \cdot L}{2 \cdot \sqrt{v \cdot Q_0}} \right)^2 \right) \quad (2)$$

Donde Q₀ es el caudal inicial del canal y el caudal final en el tramo de canal sería (Q₀-I).

7.6 Relación entre Aforos y Fórmulas Teóricas

A partir de los resultados de los aforos realizados en terreno y de los antecedentes teóricos de las pérdidas por infiltración, se realizará un análisis que permita correlacionar ambos aspectos con el fin de extender el análisis a los otros canales que no cuentan con aforos. Con este fin se relacionaron los datos medidos en los aforos con los cálculos teóricos determinados mediante las fórmulas anteriores.

Con estos antecedentes y teniendo en consideración los caudales de cada canal en donde no hay información de aforos, se estimaron las pérdidas mediante relaciones empíricas. Los aforos se realizaron en 19 canales del sistema que se encuentran bajo la influencia del embalse Corrales. Por otra parte, para aquellos canales que no cuentan con esta información son los más pequeños del sistema, en términos de caudales y de longitud. Los caudales de estos canales varían entre los 20 l/s y 350 l/s. Con el fin de representar de mejor manera esta situación se realizó el análisis gráfico para los caudales más pequeños.

Como resumen a continuación en el Cuadro 7-2 se presentan las pérdidas en el sistema de riego de los canales bajo influencia del embalse Corrales.

**CUADRO 7-2
RESUMEN PÉRDIDAS SISTEMA DE CANALES EMBALSE CORRALES**

	CANALES	Caudal	Long. Canal	Superficie	Nº de	Tramo Aforado	Q permanentes	Infiltración unitaria	Longitud	Infiltración canal	Infiltración/Caudal	
		(l/s)	(km)	(há)	Regantes		(m3/s)	(m3/s/Km)		(km)	(m3/s)	
1	Batuco	105,62	7,2	89	74		0,106	0,007	7,2	0,047	44,7	6,2
2	Rodadero	350,00	9,0	240	45	Aforador - antes entrega a tranque	0,293	0,012	3,493	0,043	14,8	4,2
3	Pangue o Inquilino	300,00	15,0	224	142	Aforador - antes 1º cruce camino	0,313	0,010	2,147	0,021	6,6	3,1
						Cruce camino - Q. Culenco	0,290	0,014	8,905	0,121	41,7	4,7
4	Molino de Tranquilla	300,00	9,9	230	119	Aforador - Q. De Culenco	0,403	0,013	5,894	0,076	18,9	3,2
5	Araya	350,00	15,0	320	30	Aforador antes Chillepin	0,320	0,013	6,923	0,087	27,1	3,9
6	Silvano	1574,00	52,0	1300	195	Aforador - Q. Nocuy	1,127	0,017	13,835	0,229	20,3	1,5
						Q. Nocuy - Minera de Panguesillo	1,013	0,021	24,219	0,513	50,6	2,1
7	Barraco Grande	400,00	15,0	252	82	Aforador - La Higuera	0,497	0,014	4,37	0,061	12,3	2,8
						La Higuera - Sifón estero Manque	0,347	0,015	2,95	0,043	12,3	4,2
8	Molino Los Ranchos	350,00	9,5	261	181	Aforador - Sifón E. Manque	0,427	0,014	5,905	0,084	19,6	3,3
9	El Pavo	180,00	8,0	149	74		0,180	0,010	8	0,079	43,9	5,5
10	Aguas Claras de Chillepin	80,00	2,1	48,4	11		0,090	0,005	2,1	0,010	12,7	6,0
11	Sauco	350,00	14,0	260	67	Aforador - antes entrega Tranque	0,483	0,015	3,609	0,056	11,5	3,2
12	Barraco Chico	50,00	2,5	29	4		0,050	0,002	2,5	0,005	9,6	3,8
13	Brea o Molino de Limpo	1000,00	18,0	426	121	Aforador - Q. Culebrón	0,467	0,014	6,302	0,086	18,5	2,9
						Q. Culebrón - Q. El Diablo	0,483	0,017	4,38	0,076	15,8	3,6
14	Molino de Quelen	124,00	7,0	105	65	Aforador - sector Escuela	0,133	0,008	2,203	0,018	13,1	5,9
15	Panguecillo Uno o del Medio	500,00	15,0	350	185	Aforador - cancha Higuera	0,527	0,014	4,995	0,069	13,2	2,6
16	Higueral	500,00	16,5	350	159	Aforador - antes Ramal	0,510	0,015	2,434	0,036	7,0	2,9
						Antes Ramal - Q. El Consuelo	0,423	0,014	9,503	0,129	30,4	3,2
17	Panguecillo Dos	100,00	4,1	83	20		0,100	0,006	4,1	0,026	25,5	6,2
						Aforador - Fundo Saavedra	0,440	0,013	1,188	0,016	3,6	3,0
18	Pardo	530,00	17,5	328,6	150	Fundo Saavedra - Q. El Consuelo	0,387	0,012	6,573	0,079	20,5	3,1
						El Consuelo - Cruce Camino J. Escud	0,110	0,014	5,508	0,075	68,0	12,3
19	El Queñe	100,00	5,9	90,3	33		0,100	0,006	5,9	0,037	36,7	6,2
20	Buzeta	3000,00	92,0	2500	450	El Queñe - El Tambo	1,743	0,019	6,72	0,128	7,3	1,1
						El Tambo - Colliguay	1,643	0,026	10,65	0,282	17,2	1,6
						Colliguay - Los Loros	1,590	0,028	17,207	0,484	30,6	1,8
						Los Loros - Mina La Yoli	1,467	0,023	35,425	0,825	55,5	1,6
						Mina La Yoli - Las Cañas Dos	1,030	0,024	10	0,236	22,9	2,3
21	Aguas Claras de Salamanca	25,00	1,6	25	10		0,025	0,001	1,6	0,002	6,4	4,0
22	Caracha	500,00	15,3	400	217	Aforador - Tambo Viejo	0,633	0,015	3,657	0,054	8,5	2,3
						Tambo Viejo - Avestruz	0,610	0,019	2,665	0,051	8,3	3,1
23	El Boldo	800,00	20,0	750	132	Aforador - Q. Quilmenco	0,743	0,015	10,609	0,159	21,3	2,0
						Q. Quilmenco - aforador Mal Paso	0,653	0,025	10,068	0,252	38,6	3,8
24	Poblacion	397,00	12,0	226,5	235	Aforador Mal Paso - Cerro Blanco	0,697	0,015	4,918	0,072	12,1	2,5
						Aforador - Q. El Consuelo	0,343	0,013	2,969	0,043	12,5	4,2
25	Tahuincano	350,00	7,2	324	142	Q. El Consuelo - Villa San José	0,360	0,015	1,595	0,072	20,0	12,5
							0,350	0,014	7,2	0,101	28,8	4,0
26	Las Viudas	220,00	7,5	217,5	53		0,220	0,011	7,5	0,083	37,9	5,1
27	Los Loros o del Medio	80,00	4,0	10,5	4		0,080	0,005	4	0,019	24,2	6,1
28	Molino de Peralillo	310,00	8,5	266	32	Aforador - sector Escuela	0,473	0,014	3,539	0,050	10,5	3,0
29	Pintacura Alto Sur	670,00	25,0	470	76	Aforador - Q. Tunquén	0,700	0,014	4,221	0,060	8,6	2,0
						Q. Tunquén - Pob. Pintacura	0,507	0,026	3,7	0,096	19,0	5,1
						Pob. Pintacura - Q. La Arena	0,480	0,020	2,384	0,049	10,2	4,3
30	Pintacura Bajo Norte	200,00	3,0	80,5	9		0,200	0,011	3	0,032	15,8	5,3
31	El Batito	20,00	3,7	80,2	7		0,020	0,001	3,7	0,004	18,5	5,0
32	El Jote	120,00	3,5	123,7	33		0,120	0,007	3,5	0,026	21,5	6,1
33	Molino de Choapa	70,00	7,0	72	48		0,070	0,004	7	0,028	40,1	5,7

Nota: canales y tramos aforados en terreno

7.7 Comentarios

De los 33 canales del sistema de riego que se encuentran bajo la influencia directa e indirecta del Embalse Corrales, se seleccionaron 19 de ellos para medir caudales mediante un molinete montado en barras. Se realizaron en total 3 corridas de aforos en diferentes fechas.

Del cuadro anterior se pueden obtener los siguientes comentarios:

- Para los canales que se localizan en la parte alta de la cuenca, tales como: canales Batuco, Rodadero, Pangue y Molino de Tranquilla, que son aquellos que se encuentran en la precordillera donde los terrenos por donde se desarrollan son mayoritariamente rocosos, zonas de rodados y atravesos de quebradas sin obras de protección, las pérdidas por infiltraciones son significativas en algunos tramos, como el caso del tramo final del canal Pangue en donde las pérdidas son de 41,7%; en cambio los canales Rodadero y Pangue que alcanzan un 14.8% y 6.6%. En el caso del canal Molino de Tranquilla que también se encuentra en terrenos pre-cordilleranos pero en sectores más planos presenta un 18,9% de pérdidas.
- En los canales de los sectores medios de la cuenca ubicados entre la localidad de Quelén y Salamanca, las pérdidas varían en promedio de un 1,5 %/Km a un 6 %/km de pérdida unitaria, haciéndose sentir más evidente en algunos tramos como el caso del canal Silvano, entre los sectores de la Quebrada Nocuy y Sector Minera Panguesillo que alcanza un 50.6% de pérdida neta¹.
- En este sector se encuentra uno de los mayores problemas de pérdidas en canales, más precisamente en el canal El Pardo entre los sectores de la Quebrada El Consuelo y el cruce de camino del Sr. J. Escudero donde las pérdidas alcanzan un 68.0%. Los demás canales del sistema como el canal Araya, Barraco Grande, Molino Los Ranchos, El Pavo, Aguas Claras de Chillepín, El Sauco, Barraco Chico, Brea o Molino de Llimpo, Molino de Quelén, Panguesillo Uno y Dos, Higueral y El Queñe presentan pérdidas menores, pero no menos significativas entre un 10% y un 30%.
- En los canales localizados en la parte baja de la cuenca entre la ciudad de Salamanca hasta la localidad Choapa, se puede indicar que, en general, las pérdidas son las menores del sistema, debido a lo plano de los terrenos por donde se desarrollan los canales. Las pérdidas indicadas en gran parte alcanzan entre un 8% y un 20%, destacándose el canal El Boldo con pérdidas de un 38.6% en el sector de la Quebrada Quilmenco y Aforador Mal Paso. Otro tramo de pérdidas considerables es el tramo rocoso de la Puntilla Mal Paso.
- El Tahuincano presenta pérdidas de un 28,8%, canal Las Viudas con un 37,9% y canal Los Loros o del Medio con un 24,2% de pérdidas, estas pérdidas se ven incrementadas debido a extracciones ilegales en los sectores en donde estos canales atraviesan sectores poblados.
- El canal Pintacura Alto Sur presenta tramos con pérdidas importantes en los sectores de Quebrada Tunquén y Población Pintacura alcanzando pérdidas de un 19.0% y, el sector de la Población Pintacura y Quebrada La Arena con un 10.2% de pérdidas.
- El canal Buzeta, a diferencia de los demás canales de este sector, presenta pérdidas bastante considerables como el sector de Colliguay y Los Loros con un 30,6%, luego entre

¹ Relación entre el caudal de infiltración y el caudal de diseño del canal.

el sector de Los Loros y La Mina La Yoli con un 55.5% y desde La Mina La Yoli hasta Las Cañas Dos con un 22.9% de pérdidas. Se debe considerar que este canal tiene un caudal 3 m³/s siendo el más alto del sistema y una longitud de 92 Km. Los altos porcentajes de pérdidas que presenta este canal se deben particularmente a que su recorrido es más extenso con algunos sectores con revestimientos y la mayoría en tierra en terrenos muy permeables.

- La pérdidas por conducción se producen básicamente por medio de dos mecanismos diferentes: la infiltración en canales y pérdidas puntuales que se localizan en puntos o sectores bien definidos, como son: los atravesos de quebradas. Otro aspecto pero de menor importancia, son las pérdidas que se producen en obras deterioradas por la acción del clima y al paso del tiempo, especialmente revestimientos que se han ido deteriorando y debido a la presión que ejerce el agua sobre las paredes del canal se producen las filtraciones.

8. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y PLANTEAMIENTO DE SOLUCIONES

De acuerdo a lo observado en los recorridos de terreno y de los resultados del diagnóstico de los canales, las principales obras a estudiar corresponden a mejoramiento de los canales para la conducción de las aguas, fundamentalmente debido a filtraciones y cruces de quebradas, además de otras obras de arte menores.

Las capacidades de las obras se analizaron bajo el prisma de dos aspectos básicos: uno técnico, que puede ser las pérdidas de agua en el trayecto de los canales y los taludes que soportan los terrenos, etc., y uno económico en general, que tiene que ver con el costo más conveniente.

Con las consideraciones expuestas anteriormente, se elaboró una proposición de las diferentes soluciones, definiendo las características y dimensiones principales de las obras, entre las cuales se cuenta, entre otras, el revestimiento y abovedamiento por tramos de canales. A continuación se analizan con más detalle cada una de las posibles alternativas de mejoramiento.

8.1 Revestimientos de Canales

Como primera aproximación se consideró definir como caudales de diseño aquellos correspondientes por derecho de cada uno de los canales.

- Pendiente de fondo

Se adoptó en forma preliminar una pendiente igual a 0,0005. La pendiente en combinación con la sección, es un parámetro que deberá optimizarse en una etapa posterior de los estudios más avanzados, en que se cuente con antecedentes topográficos más precisos.

- Velocidades mínimas admisibles

De acuerdo a las recomendaciones de V. T. Chow, para canales no revestidos, la velocidad admisible varía desde un máximo de 5,50 pies/s, (1,68 m/s) hasta un mínimo de 1,5 pies/s (0,45 m/s), según el tipo de material del canal. En lo que respecta a la velocidad mínima, se recomienda que las velocidades mínimas no bajen de 0,50 a 0,70 m/s. Para efectos de este análisis preliminar se usó un valor mínimo igual a 0,50 m/s.

CUADRO 8-1
CAUDALES DE DISEÑO DE LOS CANALES

N°	CANAL	CAUDAL (l/s)
1	Batuco	105.62
2	Rodadero	350.00
3	Pangue o Inquilino	300.00
4	Molino de Tranquilla	300.00
5	Araya	350.00
6	Silvano	1574.00
7	Barraco Grande	400.00
8	Molino Los Ranchos	350.00
9	El Pavo	180.00
10	Aguas Claras de Chillepin	80.00
11	El Sauco	350.00
12	Barraco Chico	50.00
13	Molino de Quelén	124.00
14	Brea o Molino de Llimpo	1000.00
15	Panguecillo Uno	500.00
16	Higueral	500.00
17	Panguecillo Dos	100.00
18	El Pardo	530.00
19	El Queñe	100.00
20	Población	397.00
21	Buzeta	3000.00
22	Aguas Claras de Salamanca	25.00
23	Caracha	500.00
24	El Boldo	800.00
25	Tahuincano	350.00
26	Las Viudas	220.00
27	Los Loros	80.00
28	Molino de Peralillo	310.00
29	Pintacura Alto Sur	670.00
30	Pintacura Bajo Norte	200.00
31	Molino de Choapa	70.00
32	El Batito	18.00
33	El Jote	120.00

- **Rugosidad de Manning**

El canal se analizó excavado en tierra con $n=0,035$ y además se estudió la alternativa de revestirlo parcialmente por el fondo. Para el hormigón liso se consideró $n=0,016$.

- **Revanchas**

Para la determinación de las revanchas de los canales y para la verificación de la capacidad de obras existentes se recomienda considerar revanchas iguales al 15% de la altura de escurrimiento en canales, con un máximo de 50 cm y un mínimo de 20 cm, para escurrimientos de río. De esta manera para escurrimiento normal se tiene:

$$H_{canal} = 1.15 \cdot h_n \quad ; \quad 0.20 \leq H_{canal} - h_n \leq 0.50$$

A continuación se presenta el diseño y presupuesto de las obras de revestimiento con hormigón con refuerzos de malla ACMA para todos los canales que requieren este tipo de solución.

CUADRO 8-2
DIMENSIONAMIENTO DEL REVESTIMIENTO DE HORMIGÓN ARMADO Y PRESUPUESTO

Nº	CANAL	CAUDAL (l/s)	Pendiente i	Revestimiento hormigón (m)					espesor (m)	Vol Hormigón (m3/m)	Longitud Rev. (ml)	Costo Rev. (\$)
				B	h	revancha	h+revancha	H adoptado				
1	Batuco	105,62	0,005	0,50	0,17	0,20	0,37	0,40	0,15	0,25		
2	Rodadero	350,00	0,005	0,50	0,37	0,20	0,57	0,60	0,15	0,31		
3	Pangue o Inquilino	300,00	0,005	0,50	0,34	0,20	0,54	0,60	0,15	0,31		
4	Molino de Tranquilla	300,00	0,005	0,50	0,34	0,20	0,54	0,60	0,15	0,31	100	\$ 4.646.050
5	Araya	350,00	0,005	0,50	0,37	0,20	0,57	0,60	0,15	0,31	70	\$ 3.252.235
6	Silvano	1574,00	0,005	1,00	0,60	0,20	0,80	0,80	0,15	0,45	110	\$ 7.391.707
7	Barraco Grande	400,00	0,005	0,50	0,40	0,20	0,60	0,60	0,15	0,31	260	\$ 12.079.730
8	Molino Los Ranchos	350,00	0,005	0,50	0,37	0,20	0,57	0,60	0,15	0,31	100	\$ 4.646.050
9	El Pavo	180,00	0,005	0,50	0,25	0,20	0,45	0,50	0,15	0,28	1200	\$ 50.060.499
10	Aguas Claras de Chillepin	80,00	0,005	0,50	0,15	0,20	0,35	0,40	0,15	0,25	100	\$ 3.697.367
11	El Sauco	350,00	0,005	0,50	0,37	0,20	0,57	0,60	0,15	0,31		
12	Barraco Chico	50,00	0,005	0,50	0,11	0,20	0,31	0,35	0,15	0,23	900	\$ 31.141.762
13	Molino de Quelen	124,00	0,005	0,50	0,19	0,20	0,39	0,40	0,15	0,25		
14	Brea o Molino de Limpo	1000,00	0,005	1,00	0,45	0,20	0,65	0,70	0,15	0,42	120	\$ 7.494.470
15	Panguecillo Uno	500,00	0,005	0,60	0,41	0,20	0,61	0,65	0,15	0,34	70	\$ 3.575.755
16	Higueral	500,00	0,005	0,60	0,41	0,20	0,61	0,65	0,15	0,34		
17	Panguecillo Dos	100,00	0,005	0,50	0,17	0,20	0,37	0,40	0,15	0,25		
18	El Pardo	530,00	0,005	0,60	0,43	0,20	0,63	0,70	0,15	0,36	115	\$ 6.147.200
19	El Queñe	100,00	0,005	0,50	0,17	0,20	0,37	0,40	0,15	0,25	3	\$ 110.921
20	Población	397,00	0,005	0,50	0,40	0,20	0,60	0,60	0,15	0,31	100	\$ 4.646.050
21	Buzeta	3000,00	0,005	1,20	0,80	0,20	1,00	1,00	0,15	0,54	1455	\$ 118.122.960
22	Aguas Claras de Salamanca	25,00	0,005	0,40	0,08	0,20	0,28	0,30	0,15	0,20		
23	Caracha	500,00	0,005	0,60	0,41	0,20	0,61	0,65	0,15	0,34		
24	El Boldo	800,00	0,005	0,60	0,55	0,20	0,75	0,80	0,15	0,39	1449	\$ 84.327.934
25	Tahuincano	350,00	0,005	0,50	0,37	0,20	0,57	0,60	0,15	0,31		
26	Las Viudas	220,00	0,005	0,50	0,28	0,20	0,48	0,50	0,15	0,28		
27	Los Loros	80,00	0,005	0,50	0,15	0,20	0,35	0,40	0,15	0,25		
28	Molino de Peralillo	310,00	0,005	0,50	0,35	0,20	0,55	0,60	0,15	0,31	1800	\$ 83.628.898
29	Pintacura Alto Sur	670,00	0,005	0,60	0,50	0,20	0,70	0,70	0,15	0,36	3285	\$ 175.596.112
30	Pintacura Bajo Norte	200,00	0,005	0,50	0,25	0,20	0,45	0,50	0,15	0,28	1100	\$ 45.888.791
31	Molino de Choapa	70,00	0,005	0,50	0,13	0,20	0,33	0,40	0,15	0,25	250	\$ 9.243.416
32	El Batito	18,00	0,005	0,40	0,07	0,20	0,27	0,30	0,15	0,20		
33	El Jote	120,00	0,005	0,50	0,19	0,20	0,39	0,40	0,15	0,25		
											TOTAL	\$ 655.697.905

PU Hormigón Armado

\$ 150.000

8.2 Entubamientos o Abovedamientos

Otras de las posibles alternativas para mejorar los canales en aquellos sectores que presentan derrumbes, que tiene directa relación con la seguridad de la obra y del abastecimiento de agua de riego, consiste en el abovedamiento de esos tramos.

Para el caso particular de este estudio se analizarán las siguientes alternativas:

- Tuberías de cemento comprimido de base plana (n=0.016)
- Tuberías HDPE y Acero (n=0.010)

A continuación en el cuadro siguiente se presenta el diseño y presupuesto de las obras de abovedamiento con tubos de hormigón.

8.3 Cruce de Quebradas

Se consideran cajones y tuberías prefabricadas para el diseño de estas obras. A continuación se entregan las características de diseño de estas obras.

Los cajones prefabricados se usan en forma alternativa donde por razones de cotas de captación y/o desagües, caudales manejados, etc. resulta imposible la utilización de tuberías prefabricadas de sección circular o en casos que por razones técnico económicas resulta inviable la fabricación en situ.

CUADRO 8-3
DIMENSIONAMIENTO DEL ABOVEDAMIENTO HORMIGÓN Y PRESUPUESTO

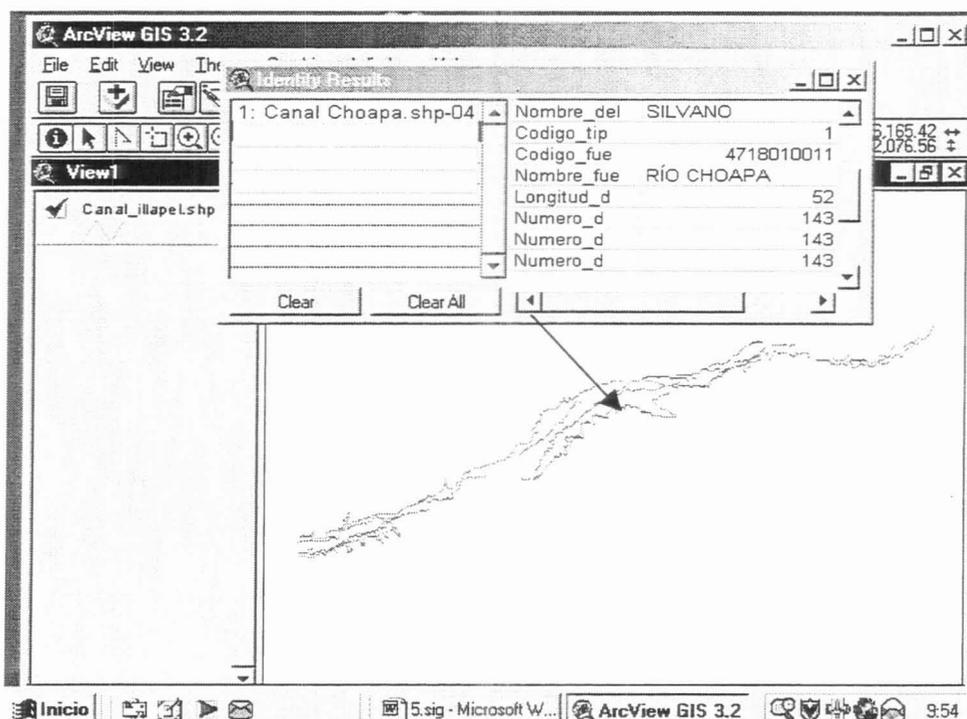
Nº	CANAL	CAUDAL	Pendiente	Diámetro	Tirante Normal	Longitud abovedamiento	Cruce de quebradas	Costo unitario tubo	COSTO DIRECTO MATERIALES		COSTO DIRECTO OBRA	
									Abovedamiento	Cruce de quebradas	Abovedamiento	Cruce de quebradas
		(l/s)	i	(m)	(m)	(m)	(m)	(\$/ml)	(\$)	(\$)	(\$)	(\$)
1	Batuco	105,62	0,005	0,4	0,29	7	25	6.000	42.000	150.000	126.000	750.000
37	Rodadero	350,00	0,005	0,6	0,49	5	146	13.395	66.975	1.955.670	200.925	9.778.350
38	Pangue o Inquilino	300,00	0,005	0,6	0,43		210	13.395		2.812.950		14.064.750
39	Molino de Tranquilla	300,00	0,005	0,6	0,43		150	13.395		2.009.250		10.046.250
40	Araya	350,00	0,005	0,6	0,49	50	275	13.395	669.750	3.683.625	2.009.250	18.418.125
15	Silvano	1574,00	0,005	1,2	0,75		145	53.070		7.695.150		38.475.750
27	Barraco Grande	400,00	0,005	0,7	0,45		140	21.048		2.946.720		14.733.600
41	Molino Los Ranchos	350,00	0,005	0,6	0,49	1500	25	13.395	20.092.500	334.875	60.277.500	1.674.375
34	El Pavo	180,00	0,005	0,5	0,35	290	170	7.577	2.197.185	1.288.005	6.591.555	6.440.025
33	Aguas Claras de Chillepin	80,00	0,005	0,4	0,24			6.000				
42	El Sauco	350,00	0,005	0,6	0,49	100		13.395	1.339.500		4.018.500	
2	Barraco Chico	50,00	0,005	0,3	0,22			5.250				
13	Molino de Quelen	124,00	0,005	0,4	0,34	240		6.000	1.440.000		4.320.000	
14	Brea o Molino de Llimpo	1000,00	0,005	1,0	0,63		180	43.470		7.824.600		39.123.000
15	Panguecillo Uno	500,00	0,005	0,7	0,54		130	21.048		2.736.240		13.681.200
16	Higueral	500,00	0,005	0,7	0,54		45	21.048		947.160		4.735.800
14	Panguecillo Dos	100,00	0,005	0,4	0,28	540	30	6.000	3.240.000	180.000	9.720.000	900.000
17	El Pardo	530,00	0,005	0,7	0,57		20	21.048		420.960		2.104.800
15	El Queñe	100,00	0,005	0,4	0,28		50	6.000		300.000		1.500.000
18	Población	397,00	0,005	0,7	0,38	20		21.048	420.960		1.262.880	
16	Buzeta	3000,00	0,005	1,4	1,03	15	260	68.198	1.022.963	17.731.350	3.068.888	88.656.750
3	Aguas Claras de Salamanca	25,00	0,005	0,3	0,14			5.250				
19	Caracha	500,00	0,005	0,7	0,54			21.048				
21	El Boldo	800,00	0,005	0,9	0,59	380	550	34.875	13.252.500	19.181.250	39.757.500	95.906.250
25	Tahuincano	350,00	0,005	0,6	0,49	306		13.395	4.098.870		12.296.610	
35	Las Viudas	220,00	0,005	0,5	0,42		40	7.577		303.060		1.515.300
16	Los Loros	80,00	0,005	0,4	0,24			6.000				
26	Molino de Peralillo	310,00	0,005	0,6	0,44		225	13.395		3.013.875		15.069.375
20	Pintacura Alto Sur	670,00	0,005	0,8	0,58		375	27.783		10.418.625		52.093.125
36	Pintacura Bajo Norte	200,00	0,005	0,5	0,38			7.577				
31	Molino de Choapa	70,00	0,005	0,4	0,22	200	108	6.000	1.200.000	648.000	3.600.000	3.240.000
32	El Batito	18,00	0,005	0,3	0,12		20	5.250		105.000		525.000
33	El Jote	120,00	0,005	0,4	0,33		250	6.000		1.500.000		7.500.000
										TOTAL	147.249.608	440.931.825

9. INGRESO DE LA INFORMACIÓN AL SIG

Respecto a este tema el trabajo considera la recopilación y preparación de la información de la infraestructura de riego del área para su posterior ingreso al SIIR de la CNR y/o al SIG de la Junta de Vigilancia del río Choapa.

Para ello, en primer lugar, se revisó y depuró la información proveniente del sistema de información geográfica de la CNR, SIIR. La información existente en el SIIR de la CNR corresponde a toda la IV Región, por lo tanto fue revisada y en función del área de estudio del proyecto, fue definido el sector geográfico de interés. Se trabajó con la capa de canales en el datum PSAD56, Huso 19. De esta información se filtró aquella correspondiente sólo a la red de canales que se encuentran en el área de influencia del Embalse Corrales.

FIGURA 9-1
COBERTURA DE CANALES EN EL RÍO CHOAPA



La información recopilada relacionada con las obras en los canales, fue traspasada a formato SIG.

Como primer paso se revisaron los archivos correspondientes a las coordenadas de cada canal y la ficha para cada una de las obras existentes. La información disponible en las fichas fue llevada a los respectivos campos creados en un archivo de destino final, que contiene todos los datos para cada obra. Los campos son los siguientes:

- ID: almacena el identificador único para cada una de las 1054 obras existentes.
- Canal: almacena el nombre del canal en el que está ubicada la obra.
- Obra: corresponde al código de la obra
- Este: coordenada UTM Este en metros de la obra. (*)

- Norte: coordenada UTM Norte en metros de la obra. (*)
- Estado: indica si la obra existe o está proyectada.
- Tipo: tipo de obra.
- Características: información acerca de las particularidades de la obra o de la zona en la que se realiza.
- Observación: información adicional de importancia.
- Imágenes: ruta de ubicación de la fotografía respectiva.

La información de la infraestructura de riego generada en este estudio se encuentra disponible en las planillas de los catastros de obras en la cual se encuentra la siguiente información:

- Nombre canal
- Número de identificación de la obra
- Obra existente o proyectada
- Fotografía
- Croquis de ubicación
- Coordenadas UTM
- Tipo de obra (Bocatoma, Compuerta de admisión, Compuerta de devolución, Marco partididor, Canoa, Cruce de quebrada, Puente, Alcantarilla, Sifón, Túnel, Caída, Revestimiento, tranque, Tubería , otro)
- Característica de la obra

Con el fin de poder diferenciar las obras en los planos de planta, se identificó cada obra con un código y un número correlativo.

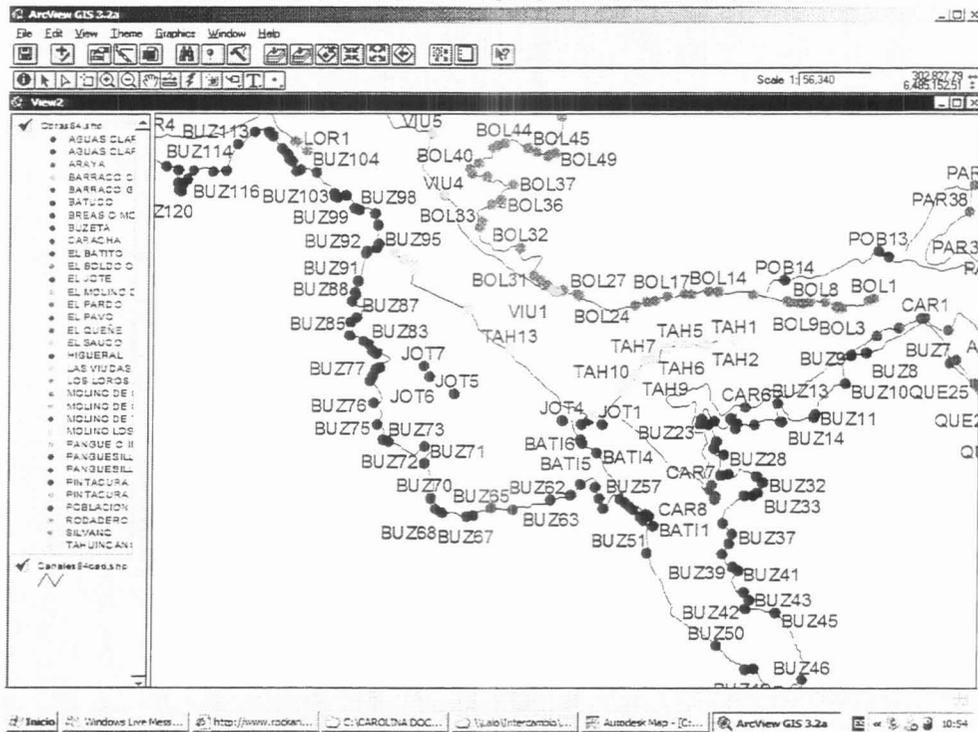
Una vez que se tiene en un solo archivo toda la información, se exporta a formato dbf, para posteriormente agregar los datos como tema evento (a través de las coordenadas Norte y Este) al programa ArcView GIS 3.2. Luego se crea un proyecto de trabajo y la data agregada se convierte al formato de trabajo del programa.

Finalmente en el proyecto se definen los parámetros para realizar el vínculo con las fotografías de la obra.

A continuación se presentan distintas pantallas de ArcView relativas a la infraestructura del sistema de riego del río Choapa.

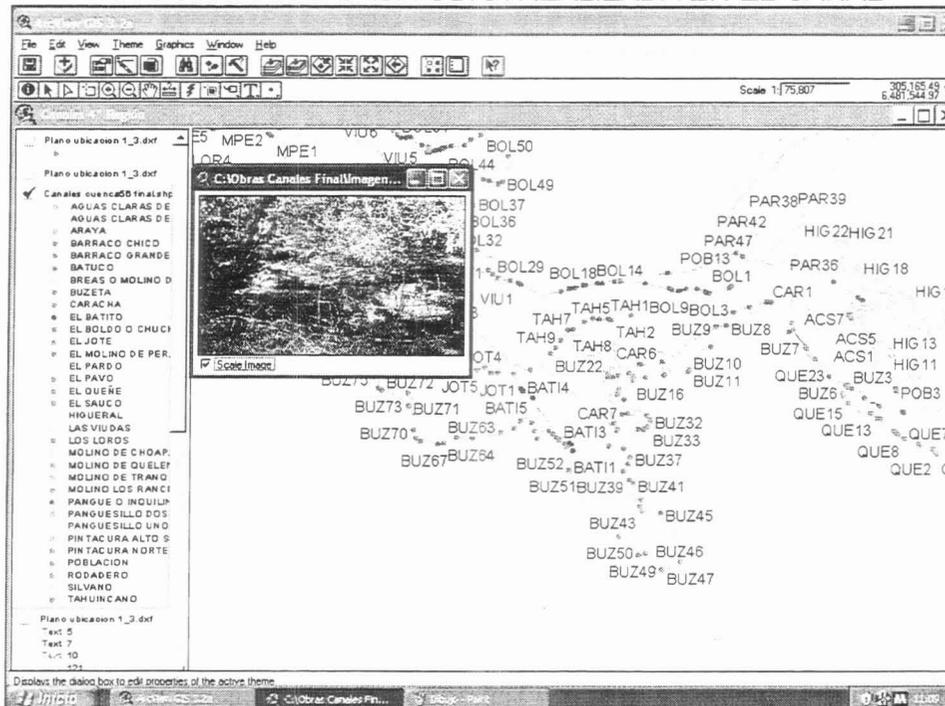
En la pantalla que se muestra en la Figura 9-2 se aprecian los puntos de ubicación de cada obra del canal, con el código correspondiente al canal y el número correlativo de la obra catastrada o propuesta, según sea el caso.

FIGURA 9-2
UBICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LAS OBRAS



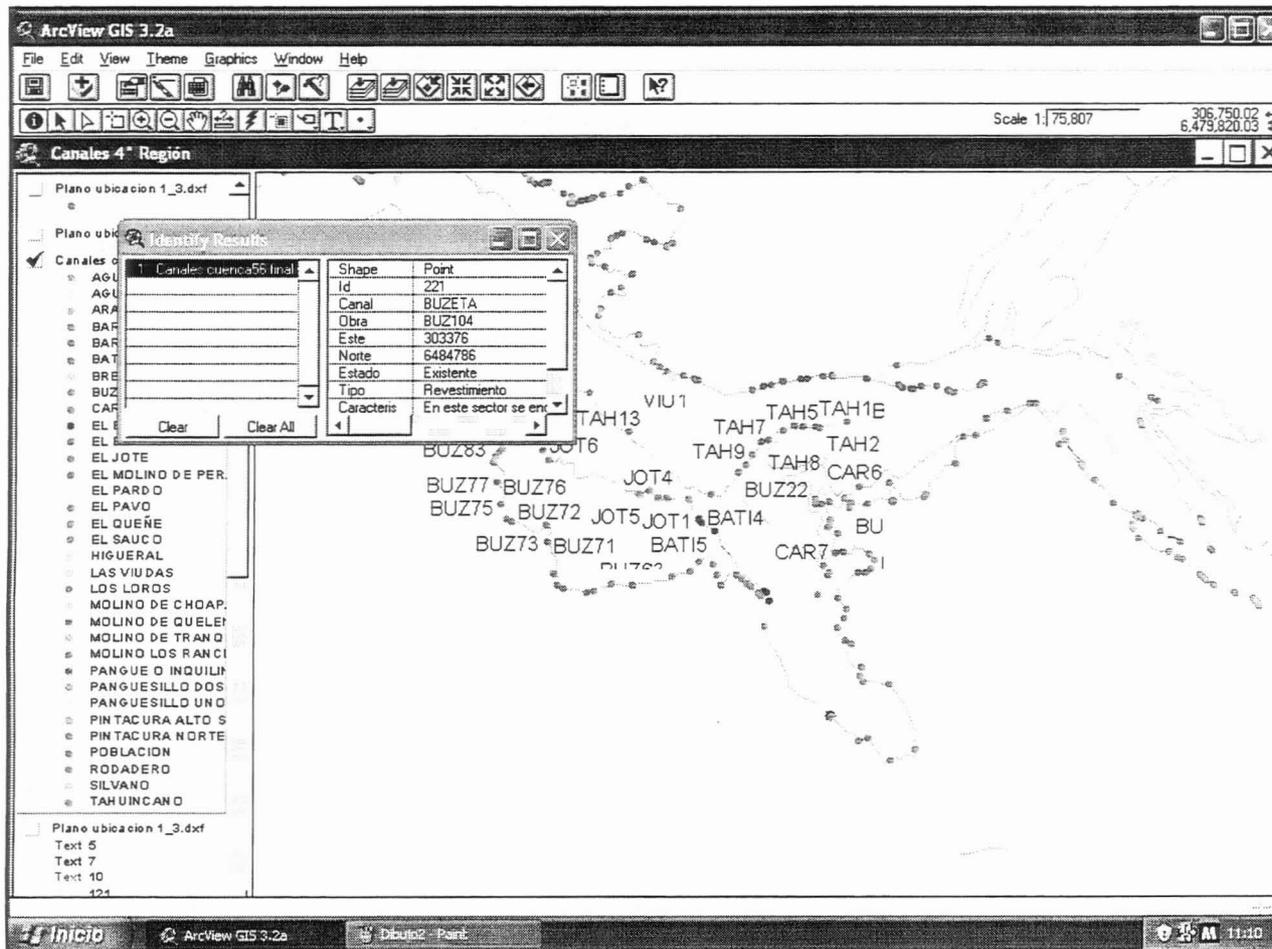
A partir de la pantalla anterior, pinchando algún punto de interés se puede visualizar la fotografía de obra correspondiente, tal como se muestra en la imagen.

FIGURA 9-3
FOTOGRAFÍA DE CADA OBRA REALIZADA EN EL CANAL



Otra de las características interesantes de poder visualizar en pantalla es toda la información alfanumérica que representa las característica de la obra en cuestión. La pantalla de la Figura 9-4 muestra un cuadro con información alfanumérica de cada obra.

FIGURA 9-4
RE PRESENTACIÓN DE DATOS ALFANUMÉRICOS



10. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA

10.1 Beneficios Atribuibles a las Alternativas de Mejoramiento

Los ingresos del proyecto, se lograrán como consecuencia del aumento en la disponibilidad y seguridad de agua de regadío, mejoras en la regulación y eficiencia de riego. En resumen, debido al ahorro del agua de riego que se pierde actualmente por pérdidas de infiltración y deficiente operación del sistema. Este cálculo se realizará para cada canal analizado y para el total del área de influencia del embalse Corrales.

Por lo tanto, la evaluación de cada canal se efectuará sobre la base de las pérdidas de agua en su actual estado, situación actual que se verifica mediante tres corridas de aforos en cada uno, y la situación futura que se lograría en términos de pérdidas de agua con las obras propuestas. Esta última, supone que las obras planteadas permitirán llevar las pérdidas en cada canal a una situación normal para su condición de canal antiguo en tierra, lo que se evaluará empíricamente a través de la Fórmula de Moritz. Para algunos casos de la situación actual que no fueron aforados, también se definió su situación actual en forma empírica, mediante correlaciones con casos conocidos.

Los proyectos contemplan tres tipos de obras de mejoramiento, revestimientos de canal, abovedamientos y obras de cruce de quebradas. En conjunto, estas obras están destinadas a mejorar la eficiencia de conducción, estimándose que con ellas se logrará la eficiencia máxima, acorde a su condición de canal antiguo excavado en tierra. No obstante, se utilizará un factor de seguridad de 1,5 para determinar las filtraciones en este caso, debido al procedimiento utilizado en los cálculos, basado en fórmula empírica.

Para la aplicación de la Fórmula de Moritz en situación futura, se utilizará un coeficiente de 0,66, correspondiente a un légamo arenoso, que es un tanto más permeable que un suelo arcilloso, pero menos permeable que un suelo compuesto por arena y arcilla. Los resultados, como se dijo, se ampliarán por un factor de seguridad de 1,5. Estas consideraciones de tipo de suelos y factor de seguridad, llevaron a una situación de resultados irreal en dos canales, Barraco Chico y El Batito, por cuanto las pérdidas con proyecto resultaron mayores que las actuales. Entonces, para estos canales lo que se supuso fue que el proyecto permite reducir las pérdidas aproximadamente en un 50%. Se trata de los canales con menores pérdidas actuales, 5 y 4 l/s respectivamente.

El beneficio neto agroeconómico de cada proyecto corresponderá al ahorro de pérdidas traducido en hectáreas, a razón de una tasa de 1 l/s/há. El beneficio medio de cada hectárea para la zona se ha estimado en \$500.000 al año dado que, en general, existe una mezcla de cultivos anuales y permanentes, viñas principalmente.

Finalmente, con respecto a los costos de las obras, se ha aumentado el valor calculado en 50% para considerar los imprevistos propios del nivel del cálculo, diseños básicos preliminares.

En la tabla adjunta, Cuadro 10-1, se entrega el cálculo de la superficie total de mejoramiento equivalente para cada canal determinada con los procedimientos indicados, los beneficios correspondientes y los costos de las obras para cada caso. Con estas cifras de beneficios y costos, se determinan finalmente los parámetros económicos de la evaluación, a 30 años y con una tasa de descuento del 8%, de acuerdo con los criterios de Mideplan.

CUADRO 10-1
CUADRO DE SUPERFICIES Y DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS

CANALES	LONG.	Nº HAS.	Pérdida	% Pérdida	Pérdida	% Pérdida	Ganancia	Ganancia	Benef. anual	Costo obras (\$)			Costo obras
	(km)	Tot	actual (lfs)	Actual	c/proy. (lfs)	c/proy.	Proyecto (lfs)	Sup. Eq. (há)	Neto Eq. (\$)	Revest.	Aboved.	Cruce Qdas.	(\$)
1 Batuco	7,2	89	47	53	27	30	20	20	10.000.000	0	126.000	750.000	876.000
2 Rodadero	9	240	43	18	26	11	17	17	8.500.000	0	200.925	9.778.350	9.979.275
3 Panguo o Inquilino	15	224	142	63	8	4	134	134	67.000.000	0	0	14.064.750	14.064.750
4 Molino de Tranquilla	9,9	230	76	33	47	20	29	29	14.500.000	4.646.050	0	10.046.250	14.692.300
5 Araya	15	320	87	27	49	15	38	38	19.000.000	3.252.235	2.009.250	18.418.125	23.679.610
6 Silvano	52	1300	742	57	455	35	287	287	143.500.000	7.391.707	0	38.475.750	45.867.457
7 Barraco Grande	15	252	104	41	66	26	38	38	19.000.000	12.079.730	0	14.733.600	26.813.330
8 Molino Los Ranchos	9,5	261	84	32	48	18	36	36	18.000.000	4.646.050	60.277.500	1.674.375	66.597.925
9 El Pavo	8	149	79	53	39	26	40	40	20.000.000	50.060.499	6.591.555	6.440.025	63.092.079
10 Aguas Claras de Chilepin	2,1	48,4	10	21	7	14	3	3	1.500.000	3.697.367	0	0	3.697.367
11 El Sauco	14	260	56	22	36	14	20	20	10.000.000	0	4.018.500	0	4.018.500
12 Barraco Chico	2,5	29	5	17	2	7	3	3	1.250.000	31.141.762	0	0	31.141.762
13 Brea o Molino de Llimpo	18	426	162	38	88	21	74	74	37.000.000	7.494.470	0	39.123.000	46.617.470
14 Molino de Quelen	7	105	18	17	12	11	6	6	3.000.000	0	432.000	0	432.000
15 Panguecillo Uno o del Medio	15	350	69	20	40	11	29	29	14.500.000	3.575.755	0	13.681.200	17.256.955
16 Higueral	16,5	350	165	47	97	28	68	68	34.000.000	0	0	4.735.800	4.735.800
17 Panguecillo Dos	4,1	83	26	31	15	18	11	11	5.500.000	0	9.720.000	900.000	10.620.000
18 El Pardo	17,5	328,6	170	52	84	26	86	86	43.000.000	6.147.200	0	2.104.800	8.252.000
19 El Queñe	5,9	90,3	37	41	21	23	16	16	8.000.000	110.921	0	1.500.000	1.610.921
20 Buzeta	92	2500	1.955	78	1.162	46	793	793	396.500.000	118.122.960	3.068.888	88.656.750	209.848.597
21 Aguas Claras de Salamanca	1,6	25								0	0	0	0
22 Caracha	15,3	400								0	0	0	0
23 El Boldo	20	750	483	64	249	33	234	234	117.000.000	84.327.934	39.757.500	95.906.250	219.991.684
24 Poblacion	12	226,5	115	51	38	17	77	77	38.500.000	4.646.050	1.262.880	0	5.908.930
25 Tahuincano	7,2	324	101	31	49	15	52	52	26.000.000	0	12.296.610	0	12.296.610
26 Las Viudas	7,5	217,5	83	38	40	18	43	43	21.500.000	0	0	1.515.300	1.515.300
27 Los Loros	4	10,1								0	0	0	0
28 Molino de Peralillo	8,5	266	50	19	27	10	23	23	11.500.000	83.628.698	0	15.069.375	98.698.273
29 Pintacura Alto Sur	25	470	205	44	112	24	93	93	46.500.000	175.596.112	0	52.093.125	227.689.237
30 Pintacura Bajo Norte	3	80,5	32	40	15	19	17	17	8.500.000	45.888.791	0	0	45.888.791
31 El Baño	3,7	80,2	4	5	2	2	2	2	1.000.000	0	0	525.000	525.000
32 El Jote	3,5	123,7	26	21	14	11	12	12	6.000.000	0	0	7.500.000	7.500.000
33 Molino de Choapa	7	72	28	39	21	29	7	7	3.500.000	9.243.416	3.600.000	3.240.000	16.083.416
TOTALES	454	10.681	5.204		2.896		2.308	2.308	1.153.750.000	655.697.905	147.249.608	440.931.825	1.243.879.338

Sup. Total sin canales 21, 22 y 27:	10.246 há
-------------------------------------	-----------

10.2 Evaluación Legal-Administrativa

En esta parte del estudio se analizan los aspectos legales y administrativos que tienen relación con las soluciones de ingeniería que se proponen para la construcción de las obras.

Las obras propuestas para el mejoramiento del sistema de canales tienen que ser ejecutadas por la organización de usuarios, es decir, por las propias comunidades de aguas que representan a cada canal. Por lo tanto, los aspectos legales y administrativos deben cumplir con la normativa vigente para el diseño y la construcción de las obras que son financiadas por los distintos instrumentos del estado que administran instituciones tales como: Dirección de Obras Hidráulicas, Comisión Nacional de Riego, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, entre otros. Además, deben cumplir con la legislación vigente referida al Impacto Ambiental de las obras proyectadas.

Los Proyectos de Riego que son financiados por el Estado pueden ser de 3 tipos:

- 1) Construcción de nuevas Obras de Riego y Drenaje, con el objetivo de aumentar los rendimientos, tener otros cultivos y mejorar la producción y calidad de las cosechas en terrenos de seco.
- 2) Reparación, mejoramiento o ampliación de Obras de Riego y Drenaje existentes, por ejemplo: bocatomas, canales, equipos de bombeo, estanques de acumulación, etc., aumentando de esta manera la superficie regada y la seguridad de riego.
- 3) Instalación de Sistemas de Riego Tecnificado, ya sea por goteo, aspersión o californiano. Estos sistemas permiten regar mayor superficie de tierra con la misma cantidad de agua.

En el caso particular de los proyectos propuestos en esta Consultoría, las obras se pueden catalogar en el segundo grupo.

El Proyecto de Riego debe presentar posibilidades reales de construcción, es decir, factibilidad técnica. Al mismo tiempo debe ofrecer rentabilidad con la producción actual o mejorada, es decir, factibilidad económica. Por último, debe tener factibilidad legal, o sea, contar con los documentos legales de respaldo en especial los referidos a la tierra y el agua.

A continuación se indican los aspectos más importantes que deben cumplir administrativa y legalmente las organizaciones de usuarios para poder postular al financiamiento de las obras propuestas.

a) Requisitos de postulación, Ley 18.450

Los proyectos podrán postular a los subsidios de la Ley de Fomento al Riego, N°18.450. En general, pueden hacerlo individualmente todos aquellos regantes dueños de las tierras y que tengan legalmente constituidos los derechos de las aguas, hasta por un monto de proyectos de UF 12.000. También, pueden hacerlo las organizaciones de usuarios de obras de riego previstas en el Código de Aguas, tales como Juntas de Vigilancia, Asociaciones de Canalistas, y Comunidades de Aguas (organizadas o en vía de constitución). En estos casos, el monto máximo de las obras puede *alcanzar* las UF 24.000.

b) Acreditación de derechos de aguas

Las organizaciones de usuarios de aguas, deben demostrar su constitución y registro en la Dirección General de Aguas a través de la documentación respectiva. Además, deben adjuntar el acta de la asamblea que autoriza al representante legal para que participe el proyecto en el concurso respectivo, determine, comprometa y garantice el pago del aporte del proyecto.

Las comunidades de aguas en proceso de constitución acreditan sus derechos mediante la escritura pública y el acta de la asamblea de comuneros, designando un representante común para participar en el concurso. Esta se celebrará con la concurrencia de, a lo menos, dos tercios de los comuneros que se beneficien con el proyecto y se indicarán los antecedentes de sus derechos disponibles de aprovechamiento de aguas.

c) Antecedentes administrativos

Los antecedentes administrativos se resumen en los siguientes documentos:

- Antecedentes del solicitante u organización (nombre, RUT, dirección, comuna).
- Antecedentes del consultor, con el certificado de su inscripción en los Registros de la DGOP, del Ministerio de Obras Públicas.
- Carta firmada ante Notario señalando el aporte que ofrecen financiar los interesados.
- Presentar un croquis en escala de 1:50.000 con la ubicación de la zona beneficiada con el proyecto y sus vías de acceso.
- Encuesta del uso actual del suelo, roles de las propiedades beneficiadas, derechos de aguas y nombre de los beneficiarios directos del proyecto.
- Hoja índice en carpeta legal.

d) Antecedentes legales

- Las Asociaciones de Canalistas, Juntas de Vigilancia o Comunidades de Aguas organizadas deben certificar su vigencia en el Registro de la Dirección General de Aguas y del Conservador de Bienes Raíces.
- Las Comunidades de Aguas no organizadas deben presentar una declaración jurada y un poder firmado por lo menos por dos tercios de los socios, de haber iniciado su constitución. Además, se requiere adjuntar un poder notarial dando al representante las facultades para cobrar, percibir y endosar el bono.
- Poder que indique la representación legal (en unta general se debe designar el representante común en acta autorizada por notario y reducida a escritura pública).

Es importante tener en cuenta que no existen restricciones para la participación de las Comunidades de Aguas ubicadas en el área del proyecto, debido a que todas las organizaciones de usuarios que se encuentran bajo la influencia del embalse Corrales se encuentran legalmente constituidas.

10.3 Evaluación Económica Privada

La evaluación económica privada se realizó para determinar el beneficio neto que representa el proyecto global para los usuarios, como si los usuarios financiaran la totalidad de la inversión.

Para ello se confeccionaron los cuadros que resumen la información relativa a los flujos operacionales por período para las situaciones "con" y "sin" el proyecto, de esta manera se calculó el flujo económico neto por período evaluado a precios privados, y que corresponde a la diferencia entre los dos primeros.

Además de los costos de inversión, que se suponen en el año "0", se consideró un 1% anual de ellos como costo de operación y mantenimiento. Los flujos económicos se determinaron entonces sobre la base de la inversión, los costos de operación y mantenimiento y los beneficios asociados.

De los 33 canales analizados, se evaluaron 30, porque para los tres restantes se determinó que solamente falta limpieza y mantenimiento. Estos son los canales Aguas Claras de Salamanca, Caracha y Los Loros.

En Cuadro 10-2, se entregan los resultados para los 30 canales analizados, en términos de VAN, TIR y de la inversión por hectárea. Se aprecia que la metodología lleva en algunos casos a resultados exagerados, con rendimientos económicos espectaculares. Esto debe interpretarse como que se trata de obras de muy bajo costo que permiten ahorrar gran cantidad de agua porque evitan pérdidas puntuales. Es decir, se trata de obras que deben ejecutarse a la brevedad. Si se clasifican los resultados económicos como proyectos muy rentables a aquellos con TIR superior a 30%, claramente rentables a aquellos con TIR entre 20% y 30%, rentables a aquellos con TIR entre 8% y 20% y no rentables a aquellos con TIR bajo 8%, se puede deducir que en el primer caso está la gran mayoría de los proyectos.

Como conclusión, al observar el Cuadro 10-2, se puede postular:

- a) Los proyectos Barraco Chico y Molino de Peralillo, resultan no rentables. Se recomienda revisar el presupuesto con mayor detalle en el caso de Molino de Peralillo, ya que si no se amplía su presupuesto en un 50% de imprevistos resulta rentable. El caso de Barraco Chico parece no ser recomendable.
- b) Los proyectos Molino Los Ranchos, Pintacura Alto Sur, Pintacura Bajo Norte y Molino de Choapa, presentan una rentabilidad positiva normal.
- c) Los proyectos El Pavo y Aguas Claras de Chillepín resultaron rentables, con márgenes bastante seguros, recomendándose su construcción.

El resto de los proyectos, como se dijo, resultan altamente rentables, recomendándose su construcción a la brevedad.

**CUADRO 10-2
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN – PRECIOS PRIVADOS**

N°	NOMBRE	VAN (\$)	TIR (%)	Inversión/há (\$/há)	CATEGORÍA
1	Batuco	111.115.906	760,04	65.700	1
2	Rodadero	79.037.078	55,78	880.524	1
3	Pangue o Inquilino	730.799.290	316,58	157.441	1
4	Molino de Tranquilla	138.718.368	64,79	759.947	1
5	Araya	174.379.770	52,49	934.721	1
6	Silvano	1.538.945.236	207,57	239.725	1
7	Barraco Grande	169.150.009	46,24	1.058.421	1
8	Molino Los Ranchos	91.497.038	16,86	2.774.914	3
9	El Pavo	119.863.394	20,05	2.365.953	2
10	Aguas Claras de Chillepin	10.716.262	26,02	1.848.684	2
11	El Sauco	105.871.492	164,90	301.388	1
12	Barraco Chico	-37.899.222	-3,96	15.570.881	4
13	Brea o Molino de Llimpo	330.867.497	50,91	944.949	1
14	Molino de Quelén	26.563.846	45,30	1.080.000	1
15	Panguecillo Uno o del Medio	134.438.300	55,02	892.601	1
16	Higueral	374.861.215	477,62	104.466	1
17	Panguecillo Dos	44.194.444	33,52	1.448.182	1
18	El Pardo	470.313.195	346,39	143.930	1
19	El Queñe	87.373.854	330,07	151.024	1
20	Buzeta	4.113.501.749	124,96	396.939	1
21	Aguas Claras de Salamanca				
22	Caracha				
23	El Boldo	950.023.844	34,45	1.410.203	1
24	Población	423.563.442	433,37	115.109	1
25	Tahuincano	272.180.963	139,96	354.710	1
26	Las Viudas	239.513.508	944,91	52.859	1
27	Los Loros				
28	Molino de Peralillo	-35.249.758	5,35	6.436.844	4
29	Pintacura Alto Sur	143.503.928	12,22	3.672.407	3
30	Pintacura Bajo Norte	19.108.881	10,83	4.049.011	3
31	El Batito	10.381.628	125,98	393.750	1
32	El Jote	55.030.199	52,33	937.500	1
33	Molino de Choapa	12.561.164	13,18	3.446.446	3

En el cuadro anterior, el significado de la última columna es:

<p>CATEGORÍA 1: PROYECTO MUY RENTABLE (22 proyectos) CATEGORÍA 2: PROYECTO CLARAMENTE RENTABLE (2 proyectos) CATEGORÍA 3: PROYECTO RENTABLE (4 proyectos) CATEGORÍA 4: PROYECTO NO RENTABLE, REVISAR (2 proyectos)</p>

10.4 Evaluación Económica Social

La evaluación económica social considera el hecho que al ser los recursos económicos escasos y, además pueden ser utilizados para diversos fines, es conveniente que estos recursos sean utilizados en la forma que brinden la mayor satisfacción posible a la comunidad, lo que en definitiva representa el fin último de la evaluación socio-económica de proyectos.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede decir que la evaluación socioeconómica tiene por objeto determinar en cuánto se modifica la disponibilidad de bienes y servicios en el país, como consecuencia de la ejecución de un proyecto. Para ello, se compara la situación con proyecto con la situación sin proyecto en términos de precios sociales, para ver en cual de ellas la disponibilidad para el país es mayor.

Para la evaluación social se considerarán los mismos aspectos considerados para la evaluación económica privada, pero cambiando los precios privados por precios sociales.

Se considera como precio social del trabajo, el costo marginal en que incurre la sociedad por emplear un trabajador adicional de cierta calificación. El costo social de la mano de obra se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$PS = g \times PB$$

donde:

- PS: precio social de la mano de obra,
- g: factor de corrección según tabla siguiente, y
- PB: salario bruto o costo para el empleador de la mano de obra (costo privado).

Categoría de mano de obra	Factor de ajuste (g)
Calificada	1,00
Semi calificada	0,65
No calificada	0,85

Teniendo en consideración estos antecedentes y otros trabajos realizados por este Consultor en estudio de precios unitarios de construcción y reparación de canales y obras de arte para caudales similares, se obtiene un factor de 0.87 para transformar la inversión de precios privados a precios sociales. Por su parte, en los flujos agroeconómicos también hay utilización de mano de obra, estimándose en un 10% el incremento, en relación al beneficio privado.

En Cuadro 10-3, se entregan los parámetros resultantes de la evaluación social bajo estas consideraciones:

CUADRO 10-3
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN – PRECIOS SOCIALES

N°	NOMBRE	VAN	TIR	Inversión/há	CATEGORÍA
		(\$)	(%)	(\$/há)	
1	Batuco	122.563.740	961,23	57.159	1
2	Rodadero	90.771.224	70,80	766.056	1
3	Pangue o Inquilino	809.277.824	400,54	136.974	1
4	Molino de Tranquilla	158.229.687	82,19	661.154	1
5	Araya	200.906.913	66,63	813.208	1
6	Silvano	1.710.445.494	262,71	208.561	1
7	Barraco Grande	196.357.021	58,73	920.826	1
8	Molino Los Ranchos	126.209.646	21,72	2.414.175	2
9	El Pavo	156.066.956	25,69	2.058.379	2
10	Aguas Claras de Chillepin	13.207.083	33,19	1.608.355	1
11	El Sauco	118.001.100	208,76	262.207	1
12	Barraco Chico	-29.735.710	-2,04	13.546.666	4
13	Brea o Molino de Llimpo	383.658.459	64,90	822.105	1
14	Molino de Quelén	30.878.416	57,54	939.600	1
15	Panguecillo Uno o del Medio	154.506.029	69,82	776.563	1
16	Higueral	414.165.122	604,16	90.886	1
17	Panguecillo Dos	52.690.262	42,65	1.259.918	1
18	El Pardo	520.511.957	438,23	125.219	1
19	El Queñe	96.729.575	417,60	131.391	1
20	Buzeta	4.605.400.074	158,26	345.337	1
21	Aguas Claras de Salamanca				
22	Caracha				
23	El Boldo	1.129.467.694	43,83	1.226.877	1
24	Población	468.187.866	548,20	100.145	1
25	Tahuincano	304.118.983	177,23	308.598	1
26	Las Viudas	264.046.491	1.194,97	45.988	1
27	Los Loros				
28	Molino de Peralillo	-890.452	7,93	5.600.054	4
29	Pintacura Alto Sur	245.250.411	16,03	3.194.994	3
30	Pintacura Bajo Norte	38.633.693	14,35	3.522.640	3
31	El Batito	11.621.307	159,55	342.563	1
32	El Jote	63.412.015	66,43	815.625	1
33	Molino de Choapa	19.990.728	17,19	2.998.408	3

Se aprecia, como era de esperar, que los resultados son mejores que los privados. Ahora son 23 proyectos en categoría 1, 2 proyectos en categoría 2, 3 proyectos en categoría 3 y 2 proyectos en categoría 4. O sea, los proyectos que no resultaron rentables a precios privados, siguen siéndolo a precios sociales.

10.5 Evaluación Global de la Solución para la Cuenca

a) Impacto esperado

Los proyectos identificados en el diagnóstico de los canales corresponden a las obras más prioritarias considerando el estado actual de ellas. De acuerdo a la metodología empleada, las definiciones de estas obras fueron realizadas conjuntamente con cada celador y el equipo de profesionales de terreno. En algunos casos también se incorporó información de los regantes vecinos a las obras. Es así como se determinó que las obras más necesarias correspondían a revestimientos, abovedamientos y cruces de quebradas. Otro tipo de obras, como las de distribución por ejemplo, pueden no funcionar al 100%, pero se consideró aceptables toda vez que se encuentran funcionando sin problemas durante largos años y no representan riesgos de colapsos. Además, su eventual mejoramiento es de bajo costo y lo pueden ir realizando los mismos regantes durante la operación.

Por lo tanto, la solución a los problemas de revestimientos, abovedamientos y cruces de quebradas, permitirá en gran parte evitar las filtraciones y pérdidas en obras singulares, minimizando a la vez los riesgos de colapsos.

b) Superficie regada

La superficie regada en la situación actual se incrementará en la cantidad indicada para cada canal en el Cuadro 10-1, sumando un total de 2.308 há, si se considera una tasa de riego de 1 l/s/há. Cabe destacar, que este incremento no significa necesariamente que se llegará al total de 10.246 há, porque siempre será posible mejorar los canales, por ejemplo revistiéndolos por completo, o mejorando su sistema de distribución, etc. Además, la superficie total dependerá del tipo de cultivos, o de la tasa de riego. Es por ello, que la evaluación se efectuó para una situación incremental, sin considerar la superficie total que será regada.

c) Disponibilidad mayor de agua

Al construir las obras de mejoramiento, la disponibilidad de agua aumentará al evitar las pérdidas por infiltración, en las cantidades indicadas en el Cuadro 10-1, que suman un total de 2,3 m³/s, aproximadamente. Esta cifra es bastante significativa, por cuanto bajo los supuestos de tasas de riego realizados, significa que casi un 25% de la superficie de riego de los canales perdía su agua a causa del estado de las obras que se mejoran con el presente proyecto.

11. CONCLUSIONES

Se realizó un estudio que tuvo como objetivo general realizar un diagnóstico y proposición de mejoramientos de las obras de conducción y distribución existentes.

Respecto a los objetivos específicos se realizaron los siguientes trabajos:

- Análisis de la infraestructura de riego existente del sistema de riego influenciado por el embalse Corrales, mediante la descripción del sistema e identificación de los problemas e ineficiencias.
- Cuantificación de la eficiencia física y económica de la conducción y distribución del agua de la red de canales, identificando la problemática asociada y la determinación de sus causas.
- Recopilación y preparación de la información de la infraestructura de riego para su ingreso al SIIR.
- Proposición de las soluciones de ingeniería a problemas identificados y diseños a nivel de prefactibilidad para cuantificación de sus costos.
- Evaluación económica y análisis de la viabilidad técnica, legal y administrativa de las soluciones y su posible impacto. Evaluaciones globales de los resultados de mejoramiento de eficiencia y de optimización de los sistemas de riego.

A continuación se describen las principales actividades y conclusiones del estudio.

▪ Diagnóstico infraestructura actual

Con el fin de traspasar la información básica de terreno, se confeccionó una ficha de catastro y proposición de obras. Como resultado de los trabajos de terreno y de la inspección que se realizó en cada uno de los canales del estudio, se identificaron aquellos sectores y puntos singulares que presentan algún tipo de problema.

▪ Caudales de diseño

Los caudales de los canales que se consideraron para el análisis corresponden a aquellos definidos de acuerdo a la situación de sus derechos de aguas.

▪ Área de estudio

En la medida que se fue desarrollando el estudio, y dada la importancia que manifestaron las propias organizaciones respecto a la importancia de cada uno de los canales, el diagnóstico de detalle se realizó abarcando los 33 canales que se encuentran bajo la influencia directa e indirecta del Embalse Corrales, es decir, se consideró el 100 % del área de influencia.

▪ Aforos

Se realizaron 3 corridas de aforos en 56 puntos distribuidos en 19 canales. Para este trabajo se utilizó el molinete marca Gurley Modelo 622 AA, que va montado sobre barras de 1.0 m con marcas cada 10 cm, estas barras son colocadas sobre lecho del fondo del canal.

Con resultados se confeccionó un cuadro de resumen de aforos que indica la ubicación donde se realizó la medición, coordenadas UTM del punto medido, el caudal medido en m³/seg, el tramo de inicio de la medición y término del tramo a medir, longitud total del tramo medido.

- Infiltración

A partir de los resultados de los aforos realizados en terreno y de los antecedentes teóricos de las pérdidas por infiltración, se realizó un análisis que permitió correlacionar ambos aspectos con el fin de extender el análisis a los otros canales que no cuentan con aforos. Con este fin se relacionaron los datos medidos en los aforos con los cálculos teóricos determinados mediante las fórmulas anteriores.

Con estos antecedentes y teniendo en consideración los caudales de cada canal en donde no hay información de aforos, se estimaron las pérdidas mediante relaciones empíricas. Los aforos se realizaron en 19 canales del sistema que se encuentran bajo la influencia del embalse Corrales. Por otra parte, para aquellos canales que no cuentan con esta información son los más pequeños del sistema, en términos de caudales y de longitud.

- Análisis de alternativas y planteamiento de soluciones

De acuerdo a lo observado en los recorridos de terreno y de los resultados del diagnóstico de los canales, las principales obras de mejoramiento de los canales tienen relación a filtraciones y cruces de quebradas, además de otras obras de arte menores.

Las capacidades de las obras se analizaron bajo el prisma de dos aspectos básicos: uno técnico, que puede ser las pérdidas de agua en el trayecto de los canales y los taludes que soportan los terrenos, etc., y uno económico en general, que tiene que ver con el costo más conveniente.

Con las consideraciones expuestas anteriormente, se elaboró una proposición de las diferentes soluciones, definiendo las características y dimensiones principales de las obras, entre las cuales se cuenta, entre otras, el revestimiento y abovedamiento por tramos de canales.

- Ingreso de la información al SIG

Se revisó y depuró la información proveniente del sistema de información geográfica de la CNR, SIIR. De esta información se filtró aquella correspondiente a la red de canales que se encuentran en el área de influencia del proyecto en estudio, quedando de esa forma la información gráfica y tabular de los respectivos canales de riego que se encuentran en el área de influencia del Embalse Corrales.

Una vez recopilada e ingresada la información que se generó en este estudio, se exportó a formato dbf, para posteriormente agregar los datos como tema evento (a través de las coordenadas Norte y Este) al programa ArcView GIS 3.2. Luego se crea un proyecto de trabajo y la data agregada se convierte al formato de trabajo del programa.

Finalmente en el proyecto se definen los parámetros para realizar el vínculo con las fotografías de la obra y los datos alfanuméricos más importantes.

- **Beneficios Atribuibles a las Alternativas de Mejoramiento**

Los ingresos del proyecto, se logran como consecuencia del aumento en la disponibilidad y seguridad de agua de regadío, mejoras en la regulación y eficiencia de riego. En resumen, debido al ahorro del agua de riego que se pierde actualmente por pérdidas de infiltración y mala operación del sistema.

Los proyectos contemplan dos tipos de beneficios, uno correspondiente al mejoramiento de la eficiencia de conducción, debido a los revestimientos de los canales y el otro debido a la construcción de obras que le proporcionan mayor seguridad física a la obra, disminuyendo así el riesgo de colapso.

- **Evaluación Legal-Administrativa**

Se analizaron los aspectos legales y administrativos que tienen relación con las soluciones de ingeniería que se propongan para la construcción de las obras.

Las obras propuestas para el mejoramiento del sistema de canales tienen que ser ejecutadas por la organización de usuarios, es decir, por las comunidades de aguas que representan a cada canal. Por lo tanto, los aspectos legales y administrativos deben cumplir con la normativa vigente para la construcción de las obras que son financiadas por los distintos instrumentos del estado.

Considerando que todas las organizaciones de usuarios que se encuentran bajo la influencia del embalse Corrales se encuentran legalmente constituidas, sólo deben cumplir con los aspectos administrativos para poder llevar a cabo los trámites y gestiones que les permitan financiar sus obras.

- **Evaluación Económica Privada y Social**

La evaluación económica privada se realizó para determinar el beneficio neto que representa el proyecto global para los usuarios, como si los usuarios financiaran la totalidad de la inversión.

Para ello se confeccionarán los cuadros que resumen la información relativa a los flujos operacionales por período para las situaciones "con" y "sin" el proyecto, de esta manera se calculó el flujo económico neto por período evaluado a precios privados, y que corresponde a la diferencia entre los dos primeros.

También se realizó una evaluación económica social considerando el hecho que al ser los recursos económicos escasos y, además pueden ser utilizados para diversos fines, es conveniente que estos recursos sean utilizados en la forma que brinden la mayor satisfacción posible a la comunidad, lo que en definitiva representa el fin último de la evaluación socio-económica de proyectos

Los resultados para los 33 canales analizados indican que:

- a) Los proyectos Barraco Chico y Molino de Peralillo, resultan no rentables. Se recomienda revisar el presupuesto con mayor detalle en el caso de Molino de Peralillo, ya que si no se amplía su presupuesto en un 50% de imprevistos resulta rentable. El caso de Barraco Chico parece no ser recomendable.

- b) Los proyectos Molino Los Ranchos, Pintacura Alto Sur, Pintacura Bajo Norte y Molino de Choapa, presentan una rentabilidad positiva normal.
- c) Los proyectos El Pavo y Aguas Claras de Chillepín resultaron rentables, con márgenes bastante seguros, recomendándose su construcción.
- d) El resto de los proyectos, como se dijo, resultan altamente rentables, recomendándose su construcción a la brevedad.

- Evaluación Global de la Solución para la Cuenca

- a) Impacto esperado

Los proyectos identificados en el diagnóstico de los canales corresponden a las obras más prioritarias considerando el estado actual de ellas. De acuerdo a la metodología empleada, las definiciones de estas obras fueron realizadas conjuntamente con cada celador y el equipo de profesionales de terreno. En algunos casos también se incorporó información de los regantes vecinos a las obras.

Por lo tanto, la solución a estos problemas solucionará gran parte de aquellos necesarios para evitar grandes filtraciones y pérdidas en obras singulares, minimizando con ello los riesgos de colapsos.

- b) Superficie regada

La superficie regada en la situación actual se incrementará en un total de 2.308 há, si se considera una tasa de riego de 1 l/s/há. Cabe destacar, que este incremento no significa necesariamente que se llegará al total de 10.246 há, porque siempre será posible mejorar los canales, por ejemplo revistiéndolos por completo, o mejorando su sistema de distribución, etc. Además, la superficie total dependerá del tipo de cultivos, o de la tasa de riego. Es por ello, que la evaluación se efectuó para una situación incremental, sin considerar la superficie total que será regada.

- c) Disponibilidad de agua

Al construir las obras de mejoramiento, la disponibilidad de agua aumentará al evitar las pérdidas por infiltración, en un total de 2,3 m³/s, aproximadamente. Esta cifra es bastante significativa, por cuanto bajo los supuestos de tasas de riego realizados, significa que casi un 25% de la superficie de riego de los canales perdía su agua a causa del estado de las obras que se mejoran con el presente proyecto.