



**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**ESTUDIO BÁSICO “DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE MICROTRANQUES  
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA”  
RESUMEN EJECUTIVO  
DICIEMBRE 2014**  
*H<sub>2</sub> Cuenca Ingenieros Consultores Ltda.*



**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**ESTUDIO BÁSICO “DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE MICROTRANQUES  
REGIÓN DE LA ARAUCANÍA”  
RESUMEN EJECUTIVO  
DICIEMBRE 2014**  
*H<sub>2</sub> Cuenca Ingenieros Consultores Ltda.*



**COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO**

**ESTUDIO BÁSICO  
DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE  
MICROTRANQUES REGIÓN DE LA ARAUCANÍA**

**RESUMEN EJECUTIVO**

**DICIEMBRE 2014**

**H<sub>2</sub> CUENCA Ingenieros Consultores Ltda.  
Padre Mariano 391, Of. 704, Sucursal María Luisa Santander 0231,  
Providencia, Santiago, Chile.**

---

Fono 22341 48 00 Fax 22274 5023 e-mail: [h2cuenca@h2cuenca.cl](mailto:h2cuenca@h2cuenca.cl)



# ESTUDIO BÁSICO DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE MICROTRANQUES REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

## ÍNDICE

<b>Acápite</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pág.</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS</b>	<b>1</b>
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	2
1.2.1.	Objetivo General	2
1.2.2.	Objetivos Específicos	2
1.3.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	3
1.3.1.	Aspectos Generales	3
1.3.2.	Políticas de la Comisión Nacional de Riego	3
1.3.3.	Justificación del Estudio	4
1.4.	ALCANCE DEL ESTUDIO	5
<b>2.</b>	<b>CONTENIDO DEL ESTUDIO</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO</b>	<b>6</b>
3.1.	IDENTIFICACIÓN DE SITIOS	6
3.2.	SELECCIÓN DE SITIOS	7
<b>4.</b>	<b>ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA</b>	<b>7</b>
4.1.	ASPECTOS GENERALES	7
4.2.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	8
4.2.1.	Aspectos Generales	8
4.2.2.	Recursos Hídricos	8
4.2.3.	Crecidas	9
4.3.	DISEÑO MICROTRANQUES	10
4.3.1.	Aspectos Generales	10
4.3.2.	Características Geométricas del Microtranque	11
4.3.3.	Análisis Estabilidad	13
4.3.4.	Filtración Bajo la Presa y Vaciado Microtranques	13
4.4.	COSTO DE LAS OBRAS	14
<b>5.</b>	<b>ESTUDIOS AGROECONÓMICOS</b>	<b>15</b>
5.1.	SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA	15
5.2.	SITUACIÓN CON PROYECTO	15
5.3.	BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS	18
<b>6.</b>	<b>ESTUDIOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>PRINCIPALES RESULTADOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA</b>	<b>20</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>22</b>

## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

#### **1.1. INTRODUCCIÓN**

Se presenta el estudio básico de consultoría "Identificación y Análisis de Lugares para Microtranques Región de la Araucanía", y cuyo objetivo primordial es la ubicación de sectores técnicamente factibles para el emplazamiento de microtranques en sectores de la región de la Araucanía, determinando entre otros aspectos técnicos; curvas de capacidad, alturas de muro, áreas de inundación y estimaciones económicas, e indicando además, sus efectos medioambientales, interferencias con otros servicios, entre otros.

En su génesis, las obras de microtranques tienen como principal objetivo mejorar la casi nula seguridad de riego del sector del secano, mediante el manejo de los recursos hídricos de quebradas, vertientes, micro-cuencas, ríos, etc. que puedan ser almacenadas para su posterior uso en época de riego.

Para estos efectos, se entiende como microtranques, aquellos cuya capacidad de acumulación no exceda los 50.000 m<sup>3</sup> o que la altura del muro no supere los 5,0 m de altura.

Debido a que este tipo de obras, no requieren especiales condiciones geomorfológicas para su emplazamiento, el número de lugares factibles de definir puede ser excesivo con relación a la real demanda de este tipo de infraestructura. Por lo anterior, uno de los primeros ejercicios que se contempla en esta consultoría es la elaboración de un diagnóstico de los potenciales sitios donde materializar este tipo de obra, y una posterior clasificación de los lugares con mejores posibilidades, para lograr seguir estudios más detallados.

El diagnóstico y posterior ranking de alternativas, obedecerá a factores topográficos, hidrológicos, hidráulicos y agronómicos y su objetivo es definir la factibilidad de emplazar una obra de regulación en los predios de los beneficiarios del proyecto.

Logrado este objetivo se procederá al desarrollo de estudios, tanto administrativos como ingenieriles.

Finalmente, se procederá con el desarrollo de las obras de ingeniería y la entrega de las carpetas técnico- administrativas a cada beneficiario, con las cuales, en un futuro, podrán participar a concursos de la Ley de Fomento u a otra herramienta de apoyo a la pequeña agricultura definida en ese entonces, para financiar la construcción de los proyectos.

## **1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

### **1.2.1. Objetivo General**

El objetivo general del presente estudio es la identificación y diagnóstico de a lo menos 25 sitios de microtranque de acumulación estacional, de los cuales se elegirán 10 sitios para el emplazamiento y definir los potenciales usuarios que tiene la factibilidad real técnica, económica de poder realizar los proyectos con posterioridad y presentarlos a la ley 18.450 u otro mecanismo de financiamiento del Estado.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

Los objetivos específicos del estudio son:

1. Identificar las áreas para la futura construcción de microtranques, los que permitirán abastecer de agua de riego a pequeñas superficies del secano y mejorar la seguridad de riego en áreas de baja disponibilidad del recurso hídrico
2. Identificar sectores técnicamente factibles y adecuados, que por razones topográficas sea adecuados para embalsar aguas por medio de un canal alimentador desde algún cauce principal o interviniendo alguna quebrada.
3. Realizar un estudio técnico, y económico que pueda impulsar la existencia de microtranques debiéndose plantear en el documento al menos dos alternativas diferentes de desarrollo, (considerando dos alternativas diferentes y esquemas productivos. Por ejemplo: Frutales, cultivos anuales y hortalizas) ambas acompañadas de un análisis de factibilidad económica.
4. Conocer la demanda real por microtranques en el secano de la Novena Región.
5. Elaborar un plan de difusión en la zona, en donde se informe a la comunidad la iniciativa.
6. Ordenar la información de las alternativas rentables seleccionadas en carpetas donde estarán contenidos todos los antecedentes técnicos que sirvan de base para la elaboración de proyectos.
7. Diagnosticar 25 sitios de posibles emplazamientos de microtranques y de estos seleccionar 10 lugares para generar todos los estudios necesarios para la presentación a la Ley 18.450.

### **1.3. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

#### **1.3.1. Aspectos Generales**

La agricultura en la zona del secano, al no disponer de fuentes hídricas que permitan entregar seguridad de riego en el desarrollo de cultivos permanentes o no permanentes, carece de las herramientas básicas para estimular el desarrollo del potencial de suelos aptos para la agricultura presentes en la zona.

Por lo anterior, es que la posibilidad de embalsar los recursos excedentarios de las lluvias de invierno, las cuales en la actualidad escurren al océano Pacífico y que por tanto se pierden, abre una alternativa para incrementar el potencial agrícola de la zona, entregando a los futuros usuarios, el insumo que durante décadas no han podido capturar: el agua.

Si a lo anterior se suma el interés del Comité de Ministros y de la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Riego por potenciar el desarrollo de la agricultura del secano, el resultado es la motivación e interés por la realización del presente Estudio.

#### **1.3.2. Políticas de la Comisión Nacional de Riego**

La Comisión Nacional de Riego ha definido sus líneas estratégicas para el desarrollo de proyectos y acciones en base a los siguientes lineamientos: Competitividad; investigación e innovación; sustentabilidad; transparencia y acceso a mercados; modernización institucional y estilo y; compromiso interministerial.

El estudio motivo de la presente Consultoría, enmarca cada una de estas exigencias estratégicas, en los siguientes aspectos:

- a) **Competitividad:** La agricultura en la zona del secano, requiere de elementos técnicos y administrativos, que permitan hacerla más competitiva en relación a cultivos de zonas que históricamente cuentan con seguridad de riego; una de estas herramientas es la facultad de incorporar riego con seguridad en sus procesos productivos, a través de una serie de acumuladores o microtranques.
- b) **Investigación e innovación:** En Chile, históricamente los estudios dirigidos hacia el secano se basan en el aprovechamiento del recurso hídrico subterráneo, o bien en embalses de tamaño importante para una comunidad en particular. Pero hasta la fecha, no se ha propuesto realizar un estudio de microtranques emplazados estratégicamente, de forma de abastecer puntualmente a predios o pequeñas comunidades, con la ventaja de poder financiarlas mediante diversos mecanismos.
- c) **Sustentabilidad:** Con el presente estudio, la Comisión Nacional de Riego pretende definir políticas de apoyo a los agricultores del secano, mediante la

realización de la ingeniería y estudio agroeconómico de proyectos de acumuladores o microtranques.

- d) **Transparencia y acceso a mercados:** La producción de sectores en la actualidad improductivos, le permitirá a los pequeños agricultores tener acceso a mercados que hoy sólo son ocupados por agricultores de sectores con determinada seguridad de riego, fomentando una mayor competencia del sector.
- e) **Modernización institucional y estilo:** Mediante una modernización en la conceptualización de los proyectos pequeños, que implica evitar un ciclo de vida de proyecto extenso, se pretende entregar herramientas de apoyo a los agricultores del secano.
- f) **Compromiso interministerial:** Este tipo de proyectos, que permiten mejoras en la productividad de los campos del secano, requerirán apoyo de las diversas instituciones públicas que participan de la economía de la zona (por ejemplo: Vialidad, DGA, INDAP, etc.), por lo cual se pretende efectuar a través de reuniones informativas, la difusión de esta iniciativa.

### **1.3.3. Justificación del Estudio**

Tal como se ha señalado, la zona de Secano posee condiciones climatológicas y edafológicas para tener un sostenido desarrollo de su economía agraria, **la principal limitación radica en la falta de recursos hídricos con un cierto grado de seguridad**, que permita a los pequeños agricultores potenciar los cultivos permanentes de mayor rentabilidad.

Se estima que una de las limitantes recurrentes al momento de implementar suelos para la agricultura en una gran cantidad de localidades, es la carencia de infraestructura adecuada y regulación de recursos hídricos (canales de distribución, sistemas de acumulación, captaciones, etc.)

Claramente queda de manifiesto, que la solución adoptada por agricultores de predios medianos y mayores ha sido la explotación de pozos, lo cual en algún momento no será sustentable.

Una solución a lo anterior, es la construcción de **embalses de regulación mayores** que permitan la acumulación de aguas lluvias para ser usadas en temporada de riego. Pero claramente este tipo de obra presenta una gran cantidad de inconvenientes económicos y técnicos, difíciles de abordar por un pequeño agricultor, sin mencionar el extenso ciclo de vida que este tipo de proyectos tiene.

Por lo tanto, parte de la solución al problema, radica en no concentrar todos los esfuerzos en grandes obras de riego, que involucren una importante inversión y complicados

## **Estudio Básico "Diagnóstico y Análisis de Microtranques Región de la Araucanía"**

---

mecanismos de postulación y financiamiento (DFL 1.123); sino que en entregar herramientas de apoyo a los pequeños agricultores, para que puedan postular **microproyectos o microtranques** a los distintos beneficios que entrega el Estado en lo que a impulso de la agricultura refiere (Ley de Fomento al Riego, INDAP, etc.).

Por lo anterior, es necesario el desarrollo de un estudio que permita en primer lugar definir claramente la demanda de estos microtranques y, que entregue todos los antecedentes técnicos y económicos necesarios, para ser presentados en los distintos concursos que se efectúan tanto por la CNR como otros organismos del Estado.

### **1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO**

El presente estudio entrega, como producto final, 10 proyectos de microtranques, con todos los antecedentes necesarios que permitirán su posterior postulación a los concursos de la Ley de Riego 18.450.

## **2. CONTENIDO DEL ESTUDIO**

El presente estudio se presenta en 10 Capítulos y este Resumen Ejecutivo. El contenido de cada capítulo se describe brevemente a continuación:

<b>Capítulo</b>	<b>Nombre</b>	<b>Contenido</b>
1	Introducción, Diagnóstico y Objetivos	Se presenta la introducción al informe, objetivos del estudio, y su diagnóstico
2	Recopilación de Antecedentes y Caracterización Zona de Estudio	Este capítulo presenta la recopilación de los antecedentes y una caracterización del área de estudio
3	Caracterización Zona de Estudio	En este capítulo se caracteriza las zonas específicas donde se realizará la búsqueda de sitios de microtranque
4	Identificación y Diagnóstico de Sitios de Microtranques	En este capítulo se presentan los sitios inicialmente identificados, luego de reuniones con autoridades y trabajos de difusión
5	Caracterización y Selección de Sitios	Se presenta la caracterización de los 25 sitios a caracterizar, para finalmente seleccionar 10 sitios para ser estudiados y desarrollados en mayor profundidad
6	Estudios Administrativos y Legales	Este capítulo presenta la metodología y resultados de los Estudios Administrativos desarrollados para los sitios



Capítulo	Nombre	Contenido
7	Estudios de Terreno	El contenido de este capítulo corresponde a la descripción de los trabajos de terreno desarrollados: topografía, mecánica de suelos, y encuestas agroeconómicas
8	Estudios de Ingeniería	Se presenta la metodología y los resultados de los estudios básicos de Ingeniería realizados para los sitios seleccionados
9	Estudio Agroeconómica	Se presenta la metodología y los resultados de los estudios Agroeconómicos realizados para los sitios seleccionados
10	Evaluación Económica de los Proyectos	Se presenta la evaluación económica de los 10 proyectos, tanto en el sentido de los proyectos más interesantes, como en el sentido de la inversión pública

### 3. PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO

#### 3.1. IDENTIFICACIÓN DE SITIOS

Con el fin de seleccionar los sitios a evaluar, se plantearon los siguientes criterios mínimos de trabajo:

- a) Sitios con una superficie de al menos 6 ha, de modo que los recursos hídricos disponibles fueran suficientes. Estimaciones iniciales mostraron que para la zona de estudio, con esa superficie, la escorrentía con un 85 % de probabilidad es superior a los 15.000 m<sup>3</sup>.
- b) Sitios con una cuenca aportante no superior a 300 ha en lo posible, de modo que las obras de control de crecidas sean pequeñas, teniéndose un vertedero de bajo costo.
- c) Sitios en lo posible con un solo dueño, evitando las sucesiones.
- d) Sitios cuyo dueño no posea más de 200 ha de superficie ponderadas, esto es porque propietarios con superficies mayores no pueden recibir el subsidio por parte de CNR.
- e) Sitios en lo posible sin necesidad de bombeo, ya que aumenta los costos de construcción y operación.

Aplicando estos criterios, se identificaron 78 sitios distribuidos en 6 comunas de la región.

### **3.2. SELECCIÓN DE SITIOS**

Para realizar las visitas a los predios de los agricultores interesados, se recopilaban, todos los contactos según sectores, para optimizar las visitas y disminuir los tiempos de viaje entre un predio y otro, generando un itinerario de visitas, a través del contacto y acuerdo del agricultor.

Dado que se contaba con varios equipos de terreno, y buscando recoger el mismo tipo de información, se confeccionó una Ficha de Visita, en donde se ingresaba toda la información requerida en dicha ficha y otra información relevante, que facilitara la sistematización y el análisis de los sitios.

TI como se indicó anteriormente, se visitó un total de 78 sitios, a partir de los cuales se seleccionaron 25 para ser analizados en profundidad, para luego seleccionar 10 para ser estudiados en detalle. El listado de los sitios seleccionados se presenta en el Cuadro 3.2-1.

**CUADRO 3.2-1  
SITIOS SELECCIONADOS**

<b>N°</b>	<b>Postulante</b>	<b>Localidad</b>	<b>Comuna</b>
<b>AR-14</b>	Pedro Juan Huircán Huemán	Chivilcoyán	Nueva Imperial
<b>AR-17</b>	Fresia Inés Curiqueo Licanqueo	Bolilche	Nueva Imperial
<b>AR-22</b>	Corina del Carmen Vines San Martín	Peleco	Nueva Imperial
<b>AR-23</b>	Amador Colicoy Necunqueo	Ranquilco Bajo	Nueva Imperial
<b>AR-24</b>	Moisés Mulchy Velasquez	Lliuco	Nueva Imperial
<b>AR-66</b>	Hector Mario Ramírez Belmar	Pocuno	Nueva Imperial
<b>AR-69</b>	Pedro Leonidas Astorga López	Pocuno	Nueva Imperial
<b>AR-73</b>	Marina Silvana Cavallieri Badilla	Arquenco	Los Sauces
<b>AR-14</b>	Comunidad Indígena Manuel Quilapi	Santa Amelia	Los Sauces
<b>AR-17</b>	Comunidad Indígena Pascual Huenupi II	Quilaco	Purén

**Fuente:** Elaboración propia.

## **4. ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA**

### **4.1. ASPECTOS GENERALES**

El objetivo de los Estudios Básicos es contar una gama de sitios para el futuro emplazamiento de mini-tranques, todos ellos con un análisis que determine la posibilidad real de construcción de esas obras, para con ello impulsar la pequeña agricultura y apoyar al pequeño empresario agrícola de acuerdo a lo definido en la Ley N° 18.450 de Fomento al Riego, y ley orgánica de INDAP.

Los trabajos desarrollados en el estudio son:

- Estudio Hidrológico
  - o Precipitaciones
  - o Escorrentía
  - o Análisis de Crecidas
- Definición Eje de Presa y Cálculo de Estabilidad
- Análisis Estructural Obras de Arte
- Cubicación y Estimación de Costos

### 4.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

#### 4.2.1. Aspectos Generales

El estudio hidrológico realizado tiene 2 componentes:

- **Determinación de Recursos Hídricos:** Permite determinar la cantidad de recursos hídricos posibles de almacenar en el microtranque
- **Estudio de Crecidas:** Permite determinar los caudales de crecidas necesarios para el diseño de la obra de protección de cada microtranque

#### 4.2.2. Recursos Hídricos

Con el fin de determinar los recursos hídricos disponibles para almacenar en los microtranques se realizó en primer lugar la selección de estaciones pluviométricas que permiten caracterizar los sitios, luego la precipitación por sitio, para luego determinar la escorrentía. La escorrentía se determinó con el uso de relaciones precipitación-escorrentía (fórmula de Grunsky, fórmula de Peñuelas, fórmula de Coutagne, y fórmula de Turc). Usando estas relaciones, se determinó la escorrentía anual, para luego determinar la distribución de mejor ajuste mediante un análisis de frecuencia y el uso del test estadístico  $\chi^2$ . Por último, se determinó la escorrentía disponible con un 85 % de probabilidad de excedencia.

En el Cuadro 4.2.2-1 se muestra para cada sitio, la estación pluviométrica asociada, la precipitación media por estación, la precipitación media por sitio, la distribución de probabilidad adoptada, y la escorrentía disponible por sitio.

**CUADRO 4.2.2-1  
DISPONIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS  
ESCORRENTÍA ANUAL**

Sitio	Estación Base	PP Estación Base (mm)	PP Sitio (mm)	Distribución	Volumen 85% (m <sup>3</sup> )
AR-09	Chol Chol	777	797	Gumbel	26.636
AR-11	Chol Chol	777	815	Gumbel	19.233
AR-14	Chol Chol	777	765	Normal	264.628
AR-17	Chol Chol	777	735	Normal	152.222
AR-22	Teodoro Schmidt	1.038	921	Normal	430.108
AR-23	Teodoro Schmidt	1.038	926	Normal	731.797
AR-24	Teodoro Schmidt	1.038	914	Normal	217.988
AR-66	Tranaman	1.191	900	Log-Normal	127.523
AR-69	Lumaco	986	854	Normal	1.757.003
AR-73	Tranaman	1.191	1.220	Log-Normal	219.622

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3. Crecidas

Para determinar las crecidas, se procedió con el uso de métodos indirectos: Fórmula Racional, fórmula de Verni y King Modificada, método DGA-AC. Luego de la aplicación de todos los métodos, se determinó que los resultados más confiables corresponden a los del método DGA-AC. En el Cuadro 4.2.3-1 se muestran los resultados para 250 y 500 años de periodo de retorno.

**CUADRO 4.2.3-1  
CAUDALES CRECIDA ADOPTADOS (L/s)**

Sitio	Diseño (T=250 años)	Verificación (T=500 años)
AR-09	776	888
AR-11	152	174
AR-14	2.838	3.247
AR-17	53	61
AR-22	1.961	2.244
AR-23	2.557	2.926
AR-24	438	501
AR-66	1.887	2.160
AR-69	1.425	1.631
AR-73	371	424

Fuente: Elaboración propia

### **4.3. DISEÑO MICROTRANQUES**

#### **4.3.1. Aspectos Generales**

Es una obra hidráulica que se compone generalmente de las siguientes partes principales:

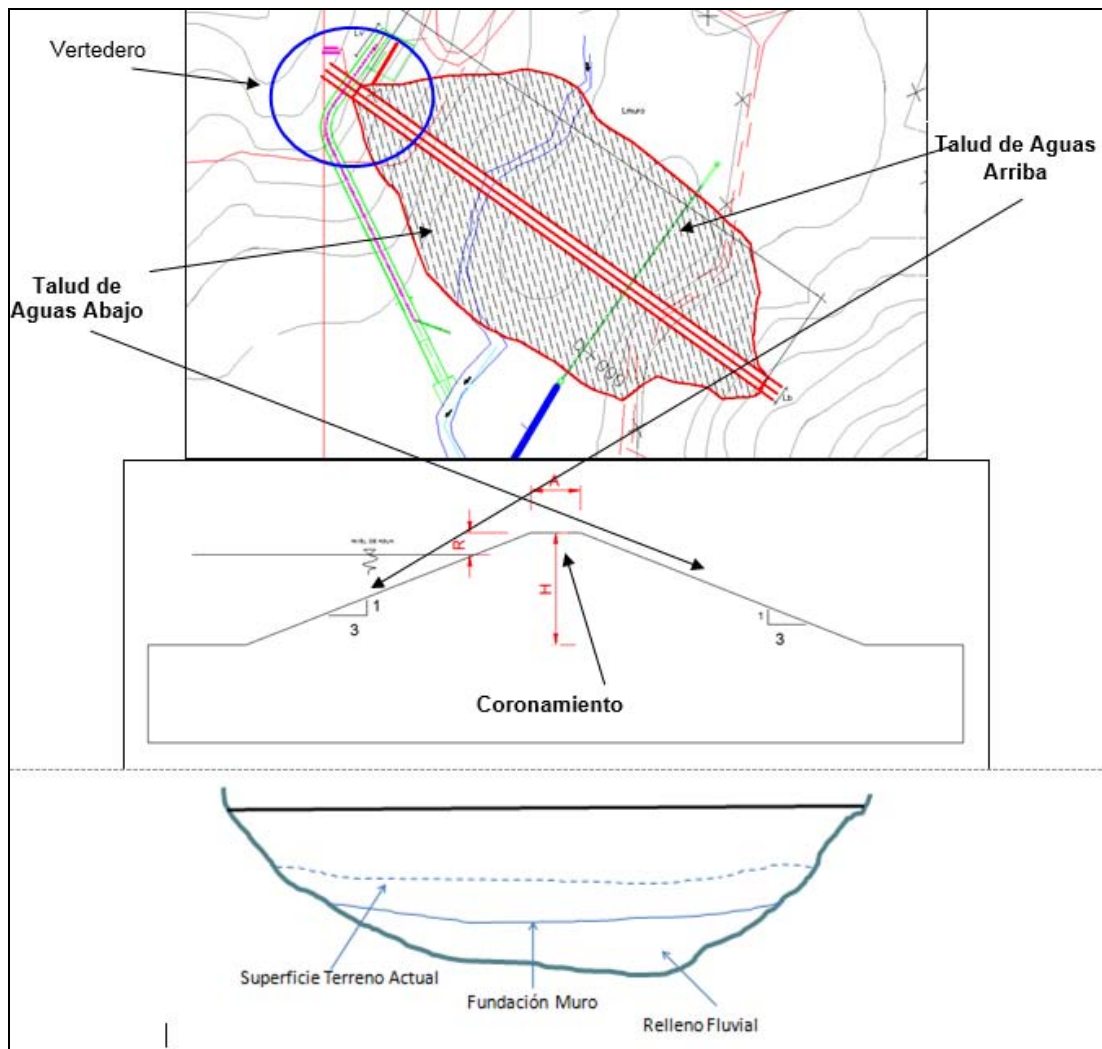
- Muro o Presa
- Depósito o Vaso de Almacenamiento
- Obra de Toma
- Vertedero

El muro o presa es una estructura que se construye sobre el cauce natural que se desea regular, impidiendo de esta manera el escurrimiento superficial de las aguas, lo cual produce una acumulación de dicho recurso en el depósito o vaso que se forma.

En general, los embalses de regulación se diseñan con presas no vertedoras; o sea, las aguas acumuladas en el depósito no deben rebasar el coronamiento del muro. Lo anterior permite utilizar muros de tierra y de enrocamiento. En Chile, este tipo de embalses de regulación de temporada, que corresponden a una obra menor de riego, se diseñan con presas de tierra o muros en terraplén de tierra compactada. De esta manera, los muros del embalse se construyen de tierra seleccionada, de sección trapecial, con un coronamiento de ancho adecuado y con taludes de pendiente definida, de acuerdo a las características geotécnicas del material de relleno a utilizar para formar el muro; generalmente debe provenir de una zona de empréstito cercana, debidamente estudiada. Estos muros pueden ser de sección homogénea o de sección compuesta.

En la Figura 4.3.1-1 se presenta un esquema general de una obra tipo.

FIGURA 4.3.1-1  
ESQUEMA GENERAL DE UNA OBRA TIPO



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2. Características Geométricas del Microtranque

En primer lugar, los microtranques se diseñaron con una altura máxima de 4,95 m, y su altura definitiva se determinó a partir de restricciones geométricas y de volumen máximo de agua disponible. Las alturas finalmente adoptadas se muestran en el Cuadro 4.3.2-1, en conjunto con otros parámetros geométricos, tales como el ancho de coronamiento, la revancha, la longitud del vertedero, y las dimensiones del dentellón para controlar las posibles filtraciones bajo el Microtranque.

## Estudio Básico "Diagnóstico y Análisis de Microtranques Región de la Araucanía"

Para establecer el ancho del coronamiento se tomó en cuenta el método de construcción y las exigencias de la maquinaria que se utilizará para la construcción del muro (Trocha del tracto con trailla o mototrailla). Se adopta como ancho en este caso:

$$b = 3,0 + h/5, \text{ con } b \text{ y } h \text{ en metros}$$

Por razones constructivas se adopta un ancho mínimo de 4,0 m para los muros de altura mayor a 3,0 m. Para los muros de altura inferior, se adopta un ancho de coronamiento de 3,0 m, ya que la compactación del muro se puede realizar con rodillos impulsados por un trabajador.

Por otra parte, se dejó una revancha, por razones de seguridad, entre el coronamiento del muro y la superficie del agua en el embalse, a su nivel de aguas máximas, para evitar el rebasamiento del muro por efecto de oleaje fuerte anormal, o por mal funcionamiento de las obras de entrega, o vertedero que aumenten el nivel de las aguas sobre lo previsto, o también, en caso por asentamiento por un sismo. Además esta revancha constituye un factor de seguridad contra asentamientos en el muro mayores que los calculados. La revancha así se define como:  $Revancha_{Ola} + Revancha_{Sismo}$ .

**CUADRO 4.3.2-1  
RESULTADOS DISEÑO MICROTRANQUE**

Sitio	Muro				Dentellón	
	Altura (m)	Ancho Coronamiento (m)	Revancha Adoptada (m)	Long. Vertedero (m)	Altura (m)	Ancho (m)
AR-09	4,95	4,00	0,50	6,7	1,0	4,0
AR-11	4,95	4,00	0,50	2,4	0,5	3,0
AR-14	4,10	4,00	0,55	10,0	0,8	3,0
AR-17	4,95	4,00	0,50	2,4	0,8	3,0
AR-22	4,95	4,00	0,50	7,6	1,0	4,0
AR-23	4,95	4,00	0,50	10,0	1,0	4,0
AR-24	4,95	4,00	0,50	6,9	0,8	3,0
AR-66	4,95	4,00	0,50	10,0	1,5	4,0
AR-69	4,95	4,00	0,60	10,0	1,2	4,0
AR-77	4,95	4,00	0,50	5,9	1,5	4,0

Fuente: Elaboración propia

Se determinó también la longitud del vertedero, de modo que se evacúe el caudal de diseño, mostrado anteriormente en el Cuadro 4.2.3-1.

### **4.3.3. Análisis Estabilidad**

El método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad de taludes que se basa en la resistencia al deslizamiento de un talud, tomando en cuenta ciertas hipótesis en relación al mecanismo de falla, condiciones de equilibrio, nivel freático, resistencia cortante, etc.

Existen varios métodos para el análisis de estabilidad de taludes; el método utilizado en el estudio para el análisis de estabilidad de los taludes de los embalses es el de equilibrio límite propuesto por Bishop. El método de equilibrio límite supone que en el caso de una superficie de falla las fuerzas actuantes y resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla, esta condición equivale a un factor de seguridad de 1,0. Los parámetros de resistencia cortante de los materiales utilizados en el análisis de estabilidad se han definido de acuerdo al tipo de material de las presas.

En el Cuadro 4.3.3-1 se muestran los factores de seguridad determinados, además de los taludes que permiten llegar a esos valores.

**CUADRO 4.3.3-1  
RESULTADOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD**

Sitio	Talud		Factor Seguridad	
	Aguas Arriba	Aguas Abajo	Aguas Arriba	Aguas Abajo
AR-09	3,0	3,0	1,592	1,120
AR-11	2,5	2,5	1,581	1,297
AR-14	3,0	2,5	1,212	1,021
AR-17	3,5	3,0	1,407	1,033
AR-22	3,5	3,0	1,329	1,091
AR-23	3,0	3,0	1,406	1,104
AR-24	3,0	3,0	1,556	1,206
AR-66	3,0	3,0	1,413	1,154
AR-69	2,5	2,5	1,436	1,211
AR-73	2,5	2,5	1,485	1,193

Fuente: Elaboración propia

### **4.3.4. Filtración Bajo la Presa y Vaciado Microtranques**

En forma adicional se determinó el volumen útil, el tiempo de vaciado, y las filtraciones máximas bajo el Microtranque, según se muestra en el Cuadro 4.3.4-1.



**CUADRO 4.3.4-1  
TIEMPO VACIADO MICROTRANQUES**

Sitio	Volumen Útil (m³)	Caudal Filtraciones (L/s)	Tiempo Vaciado (h)
AR-09	10.893	0,035	16,5
AR-11	11.189	0,038	14,4
AR-14	26.449	0,039	38,6
AR-17	10.095	0,013	14,8
AR-22	17.075	0,053	24,6
AR-23	10.451	0,019	16,0
AR-24	38.155	0,069	52,2
AR-66	11.156	0,038	14,7
AR-69	37.743	0,056	53,8
AR-73	17.934	0,029	23,4

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. COSTO DE LAS OBRAS

Utilizando las dimensiones determinadas para el Microtranque y sus obras anexas, se determinaron las cantidades de obra requeridas. A partir de éstas, y de precios unitarios determinados especialmente para este estudio, se determinaron los costos mostrados en el Cuadro 4.4-1.

**CUADRO 4.4-1  
COSTO DE LAS OBRAS (\$)**

Sitio	Costo Directo	Utilidades (10%)	Gastos Generales (5%)	Imprevistos (2%)	Costo Neto Obras	I.V.A. (19%)	Supervisión	Costo Total
AR-09	39.616.908	3.961.691	1.980.845	792.338	46.351.782	8.806.839	750.000	55.908.620
AR-11	39.416.064	3.941.606	1.970.803	788.321	46.116.795	8.762.191	750.000	55.628.986
AR-14	53.367.302	5.336.730	2.668.365	1.067.346	62.439.743	11.863.551	750.000	75.053.295
AR-17	33.252.627	3.325.263	1.662.631	665.053	38.905.574	7.392.059	750.000	47.047.633
AR-22	62.054.519	6.205.452	3.102.726	1.241.090	72.603.787	13.794.720	750.000	87.148.507
AR-23	50.587.017	5.058.702	2.529.351	1.011.740	59.186.809	11.245.494	750.000	71.182.303
AR-24	63.804.182	6.380.418	3.190.209	1.276.084	74.650.893	14.183.670	750.000	89.584.563
AR-66	45.572.061	4.557.206	2.278.603	911.441	53.319.311	10.130.669	750.000	64.199.980
AR-69	60.571.366	6.057.137	3.028.568	1.211.427	70.868.499	13.465.015	750.000	85.083.513
AR-73	48.165.820	4.816.582	2.408.291	963.316	56.354.009	10.707.262	750.000	67.811.271

Fuente: Elaboración propia

## **5. ESTUDIOS AGROECONÓMICOS**

### **5.1. SITUACIÓN ACTUAL AGROPECUARIA**

Con la finalidad de caracterizar la Situación Actual Agropecuaria, en términos legales, económicos y productivos de los sitios en estudio para lo cual se aplicó una Encuesta Simple a todos los predios del estudio que recabó, tanto cuantitativa como cualitativamente, la información requerida. A su vez, mediante esta misma herramienta, es posible estimar la Situación Futura del predio, conociendo las intenciones de cultivos que manifieste cada agricultor; todo esto ante la eventualidad de contar con una fuente de agua permanente, como lo podría ser un microtranque.

De los resultados se desprende que las superficies cultivadas, lo hacen principalmente bajo un régimen de secano, dada la inexistencia de redes de riego que abastezcan los terrenos de forma permanente. En cuanto a las casi inexistentes superficies bajo riego, estas se caracterizan por ser de tipo superficial, las cuales obtienen el agua a partir de estanques acumuladores de aguas lluvias y vertientes. El 55,9% de la superficie corresponde a terrenos que en la actualidad se encuentran sin uso, pero que presentan buena aptitud agrícola y que de tener una fuente de riego segura y permanente podrían ser fácilmente explotados.

La actividad agrícola de riego se expresa en pequeñas siembras de papa de autoconsumo abastecidas con aguas de vertientes y acumuladas en pequeños tranques rudimentarios. También se encuentran algunos avellanos y olivos, además de una plantación de lúpulo. Con respecto al secano se observan extensiones con avena (sobre el 50%) y trigo, cuyo uso es principalmente como alimento para el ganado propio. Además destaca un 15,8% con plantaciones de eucaliptus (ver posteriormente en el Cuadro 5.2-2).

Por otra parte, se observa que la disposición a pagar más frecuente es un 10% del total del costo de la obra, valor bajo puesto que se trata de pequeños o medianos productores que no poseen suficiente capital para aportar un mayor porcentaje. Dos agricultores aportarían con un 15% y tres casos el monto llegaría al 20%.

Finalmente se consultó a los potenciales beneficiarios sobre sus intenciones de cultivos futuros en caso de que se construya la obra de acumulación en sus predios. En general, las preferencias son muy variadas, pero se inclinan por la implementación de empastadas y cultivos de porotos, relegando en importancia a la plantación de huertos frutales, principalmente compuestos de nogales y especies de carozos; como almendros, ciruelos, durazneros, entre otros. Las viñas tampoco son una alternativa prioritaria para los agricultores.

### **5.2. SITUACIÓN CON PROYECTO**

La Situación Con Proyecto corresponde al mejoramiento de las condiciones actuales de riego en el área en estudio, a través de la ejecución y construcción de obras para aumentar

la eficiencia de uso del agua, aumentar la seguridad de riego y dar satisfacción a la demanda de los cultivos en los próximos años.

Reunidas las condiciones mencionadas, se diseña una estructura de cultivos que considera por una parte, los cultivos presentes en Situación Actual, tanto de riego como de secano, y por otra, alternativas de cultivo sugeridas por el agricultor en la encuesta simple, las que son estudiadas por el consultor para dar un respaldo fundamentado a la inclusión de estos cultivos en Situación Con Proyecto. Las alternativas incorporadas se caracterizan por ser cultivos con adaptabilidad climática a la zona y poseer condiciones de mercado y comercialización, es por eso que en el acápite de análisis de alternativas existe una referencia hacia las condiciones de mercado en la Región de la Araucanía.

Para la determinación Uso de Suelo Futuro en primer lugar se determinó la superficie de riego en base a la metodología implementada en los concursos de la Ley 18.450. Para ello en primer lugar la evapotranspiración potencial de la zona de ubicación del microtranque. Posteriormente se calcula la demanda de riego, afectando la tasa de riego mensual, por la eficiencia del método de riego empleado. Conocida la tasa de riego, y el volumen de agua disponible en el embalse, se determina la superficie regable. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.2-1.

**CUADRO 5.2-1**  
**SUPERFICIES EFECTIVAS SITUACIÓN FUTURA (ha)**

Sitio	Volumen Útil (m <sup>3</sup> )	Actual	Nueva (postulación)	Total
AR-09	10.893	0,00	1,16	1,16
AR-11	11.189	0,00	1,18	1,18
AR-14	26.449	0,00	2,40	2,40
AR-17	10.095	0,00	1,01	1,01
AR-22	17.075	0,00	1,59	1,59
AR-23	10.451	0,00	1,06	1,06
AR-24	38.155	6,00	2,96	8,96
AR-66	11.156	9,00	1,07	10,07
AR-69	37.743	0,00	1,61	1,61
AR-73	17.934	0,00	1,88	1,88

Fuente: Elaboración propia

Con esta información, las intenciones de cultivos de los agricultores y un análisis de adaptabilidad y de mercados es posible estimar el uso del suelo de los predios con la implementación de cada microtranque. En el Cuadro 5.2-2 se presenta el Uso de Suelo en Situación Actual y Con Proyecto.

**CUADRO 5.2-2  
USO DEL SUELO - SITUACIÓN ACTUAL (SA-SSP) Y CON PROYECTO (SCP)**

Cultivo	AR-66		AR-69		AR-11		AR-14		AR-17		AR-22		AR-23		AR-24		AR-9		AR-73		
	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	SA-SSP	SCP	
<b>Riego</b>																					
Lúpulo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,89	0,00	0,00	0,00	0,00	
Papa	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	1,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	5,00	5,89	0,00	0,00	0,00	0,00	
Porotos	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,53	0,00	1,18	0,00	0,81	0,00	0,00	
Chacra Casera	0,00	0,00	0,00	0,32	0,00	0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Frutilla	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,94	
Flores	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	
Alfalfa	0,00	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72	0,00	0,70	0,00	1,59	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avellano	2,00	2,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,56	
Olivo	7,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Subtotal Riego</b>	<b>9,00</b>	<b>10,07</b>	<b>0,00</b>	<b>1,61</b>	<b>0,00</b>	<b>1,18</b>	<b>0,00</b>	<b>2,40</b>	<b>0,00</b>	<b>1,01</b>	<b>0,00</b>	<b>1,59</b>	<b>0,00</b>	<b>1,06</b>	<b>6,00</b>	<b>8,96</b>	<b>0,00</b>	<b>1,16</b>	<b>0,00</b>	<b>1,88</b>	
<b>Secano</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Avena	3,00	2,36	30,00	30,00	0,00	0,00	22,00	22,00	6,00	6,00	40,00	40,00	12,00	12,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
Papa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	3,00	
Trigo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	40,00	40,00	6,00	6,00	0,00	0,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
Avena (forraje)	0,00	0,00	70,00	70,00	10,00	8,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	10,00	
Trébol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	
Pradera natural	2,00	1,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00	6,00	6,00	1,00	1,00	0,00	0,00	
Eucaliptus	6,00	6,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,00	1,00	0,00	0,00	7,00	7,00	4,00	4,00	0,00	0,00	28,00	28,00	
Pino	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Subtotal Secano</b>	<b>11,00</b>	<b>9,93</b>	<b>110,00</b>	<b>110,00</b>	<b>10,00</b>	<b>8,82</b>	<b>63,50</b>	<b>63,50</b>	<b>19,00</b>	<b>19,00</b>	<b>46,00</b>	<b>46,00</b>	<b>51,00</b>	<b>51,00</b>	<b>10,00</b>	<b>10,00</b>	<b>3,50</b>	<b>3,50</b>	<b>41,00</b>	<b>41,00</b>	
Riego con agua superficial	0,00	1,07	0,00	1,61	0,00	1,18	0,00	2,40	0,00	1,01	0,00	1,59	12,00	1,06	0,00	8,96	0,00	1,16	1,00	1,88	
Riego con agua subterránea	9,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cultivos en secano	3,00	2,36	30,00	30,00	8,00	0,00	32,00	62,00	15,00	12,00	40,00	40,00	10,00	22,00	6,00	0,00	2,00	2,00	10,00	3,00	
Praderas en secano	2,00	1,57	70,00	70,00	2,00	8,82	30,00	0,00	3,00	6,00	6,00	6,00	20,00	20,00	6,00	6,00	1,50	1,50	2,00	10,00	
Forestado	6,00	6,00	10,00	10,00	0,00	0,00	1,50	1,50	1,00	1,00	0,00	0,00	9,00	9,00	4,00	4,00	0,00	0,00	28,00	28,00	
Indirectamente productiva	0,00	0,00	6,00	6,00	0,12	0,12	0,50	0,50	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,50	0,50	2,00	2,00	
Sin uso potencialmente regable	0,00	0,00	240,00	238,39	0,00	0,00	24,00	21,60	30,00	28,99	10,00	8,41	24,00	22,94	8,00	5,04	4,00	2,84	50,00	48,12	
Sin uso cultivable solo en secano	0,00	0,00	100,00	100,00	0,00	0,00	30,00	30,00	8,00	8,00	0,00	0,00	15,00	15,00	2,00	2,00	4,00	4,00	10,00	10,00	
Improductiva	0,00	0,00	25,00	25,00	0,00	0,00	2,00	2,00	5,00	5,00	0,00	0,00	5,00	5,00	2,00	2,00	1,26	1,26	10,00	10,00	
<b>Total</b>	<b>20,00</b>	<b>20,00</b>	<b>481,00</b>	<b>481,00</b>	<b>10,12</b>	<b>10,12</b>	<b>120,00</b>	<b>120,00</b>	<b>63,00</b>	<b>63,00</b>	<b>56,00</b>	<b>56,00</b>	<b>96,00</b>	<b>96,00</b>	<b>28,00</b>	<b>28,00</b>	<b>13,26</b>	<b>13,26</b>	<b>113,00</b>	<b>113,00</b>	

Fuente: Elaboración propia

### **5.3. BENEFICIOS AGRÍCOLAS NETOS**

El beneficio agroeconómico neto del proyecto se obtiene a partir de la sustracción entre los márgenes netos de las Situaciones Con y Sin Proyecto presentadas anteriormente en sus apartados correspondientes. Para la caracterización de los márgenes agrícolas unitarios de los cultivos, se ha utilizado además, información de diferentes estudios desarrollados por la DOH y CNR desde la V a IX regiones Lo anterior, debido a que es la información más actualizada que se dispone sobre resultados agroeconómicos de diferentes rubros productivos.

Los márgenes netos de Situación Actual y Con Proyecto son resultado de la sustracción entre los márgenes brutos obtenidos para cada cultivo en la superficie de riego y los costos indirectos y gastos generales del proceso productivo. Además, en la Situación Con Proyecto se consideran costos por inversión en riego tecnificado para aquellos sitios que invierten en este tipo de metodologías, debido al cambio de la estructura productiva del suelo.

Los costos indirectos y gastos generales corresponden a los que los agricultores incurren para abordar ítem de administración, contribuciones, contabilidad, mantención de infraestructura, limpia de canales y electricidad, entre otros, los cuales se ven incrementados cuando aumenta la superficie regada.

Los costos relacionados con la incorporación de sistemas tecnificados de riego se aplican a terrenos que en Situación Actual utilizan métodos tradicionales Lo anterior, contribuye para que se pueda alcanzar la superficie productiva planteada con la seguridad de riego y los rendimientos esperados, considerando la capacidad de los productores de realizar dichas modificaciones con y sin proyecto. Estos costos incluyen la inversión en el sistema de riego y la mantención anual.

Posteriormente, los flujos a utilizar en la evaluación económica, se determinan por la multiplicación de los márgenes y costos unitarios por las superficies respectivas de cada proyecto. Finalmente, se calculan los diferenciales entre los Flujos en SCP y SSP, lo cual arroja los Flujos Netos para cada uno de los Predios en estudio.

### **6. ESTUDIOS ADMINISTRATIVOS**

Este estudio abordó la factibilidad real técnica, legal y económica de llevar a cabo los proyectos de Micro-tranques presentándolos a la Ley N° 18.450 de Fomento a la Inversión Privada en Obras de Riego y Drenaje,

Los documentos solicitados finalmente corresponden a<sup>1</sup>:

1. Fotocopia Rut Persona Jurídica / Propietario
2. Fotocopia Cédula de Identidad Representantes Personas Jurídicas
3. Copia autorizada del documento de Poder de representantes de Personas Jurídicas. Con certificado de vigencia.
4. Copia autorizada de título inscrito del predio. Con certificado de vigencia.
5. Certificado de avalúo fiscal detallado del predio beneficiado, y de todas las propiedades a nombre del postulante (esto último en caso de no ser Usuario INDAP)<sup>2</sup>
6. Copia autorizada titularidad derechos aprovechamiento aguas (subterráneas y superficiales). Con certificado de vigencia.
7. Certificado del Registro Público de Derechos de Aprovechamiento de Aguas del CPA, o solicitud de ingreso (subterráneas y superficiales).
8. Cambio punto de captación (si aplica, indicar aprobación DGA)
9. Autorización notarial del arrendador (FL-04)
10. Copia simple escritura constitución sociedad
11. Copia autorizada extracto de constitución inscrito en Registro de Comercio. Con certificado de vigencia.
12. Inscripciones modificaciones sociedad referentes a razón social o poder de representación.
13. Certificado Usuario INDAP si corresponde (emitido por Director Reg. o Jefe de Área INDAP)<sup>3</sup>
14. Declaración jurada acreditación calidad pequeño empresario agrícola, o mediano empresario

---

<sup>1</sup> Cabe señalar que las Sucesiones pueden postular a la Ley de Riego, requiriendo, como cualquier Persona Jurídica, su RUT y Poder de Representación firmado por todos los herederos.

<sup>2</sup> Requerido para evaluar la calidad de beneficiario y completar el FL – 09.

<sup>3</sup> Las oficinas de área de INDAP señalan que los certificados que emiten certificando la calidad de usuario tienen una vigencia de 3 años.

## 7. PRINCIPALES RESULTADOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el Cuadro 7-1 se presentan los principales resultados del estudio, indicando los parámetros principales de los microtranques: propietario sitio, ubicación, volumen de muro, volumen de acumulación, volumen excavado, superficie postulación, costo postulación.

Para la evaluación económica se aplicaron las reglas usuales de operación descritas en las publicaciones:

- Metodología para la Formulación y Evaluación Socioeconómica de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas con Fines Múltiples (MIDEPLAN, 2011).
- Metodología de Valoración de Embalses y Obras Hidráulicas Anexas en Uso (MIDEPLAN, 2011).

Los resultados de la evaluación, se presentan en el Cuadro 7-2. Se hace notar que en este último cuadro, los costos indicados están a precios privados.

**CUADRO 7-1  
PRINCIPALES RESULTADOS DEL DISEÑO**

Código	Propietario	Postulante	Localidad	Comuna	Sup Postulación (ha)	Talud Aguas Arriba	Talud Aguas Abajo	Altura (m)	Longitud (m)	Vol Muro (m³)	Vol Excavación Cubeta (m³)	Vol Acumulación (m³)	Costo (\$)	Costo (UF)
AR-09	Sucesión Juan Huricán Lefimán	Pedro Juan Huircán Huemán	Chivilcoyán	Nueva Imperial	1,16	3,0	3,0	4,95	77,5	3.087	2.354	10.761	55.928.602	2.314
AR-11	Sucesión Alfonso Alonso Curiqueo Conejeros	Fresia Inés Curiqueo Licanqueo	Bolilche	Nueva Imperial	1,18	2,5	2,5	4,95	70,2	2.992	4.575	11.624	58.578.642	2.424
AR-14	Corina del Carmen Vines San Martín	Corina del Carmen Vines San Martín	Peleco	Nueva Imperial	2,40	3,0	2,5	4,10	126,9	3.778	5.035	26.372	75.171.900	3.110
AR-17	Amador Colicoy Necunqueo	Amador Colicoy Necunqueo	Ranquilco Bajo	Nueva Imperial	1,01	3,5	3,0	4,95	40,3	2.163	4.322	10.207	47.047.633	1.947
AR-22	Moisés Mulchy Velasquez	Moisés Mulchy Velasquez	Lliuco	Nueva Imperial	1,59	3,5	3,0	4,95	96,2	6.899	6.964	17.561	87.202.751	3.550
AR-23	Hector Mario Ramírez Belmar	Hector Mario Ramírez Belmar	Pocuno	Nueva Imperial	1,06	3,0	3,0	4,95	113,0	5.319	2.805	10.717	71.165.908	2.945
AR-24	Pedro Leonidas Astorga López	Pedro Leonidas Astorga López	Pocuno	Nueva Imperial	2,96	3,0	3,0	4,95	112,5	5.714	8.454	40.407	89.641.757	3.709
AR-66	Marina Silvana Cavallieri Badilla	Marina Silvana Cavallieri Badilla	Arquenco	Los Sauces	1,07	3,0	3,0	4,95	73,1	3.956	3.814	11.278	64.724.150	2.678
AR-69	Comunidad Indígena Manuel Quilapi	Comunidad Indígena Manuel Quilapi	Santa Amelia	Los Sauces	1,61	2,5	2,5	4,95	131,7	5.779	3.200	38.715	85.604.798	3.542
AR-73	Comunidad Indígena Pascual Huenupi II	Comunidad Indígena Pascual Huenupi II	Quilaco	Purén	1,88	2,5	2,5	4,95	94,4	4.616	1.449	18.044	67.874.230	2.808

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO 7-2  
PRINCIPALES RESULTADOS DEL DISEÑO**

Sitio	Precios Mercado		Precios Sociales	
	VAN (\$)	TIR (%)	VAN (\$)	TIR (%)
AR-09	-42.965.742	No Hay	-16.555.860	2,6%
AR-11	-48.750.945	No Hay	-30.257.100	No Hay
AR-14	-23.505.334	7,9%	31.800.969	10,0%
AR-17	-46.328.136	No Hay	-37.137.488	No Hay
AR-22	-87.496.646	No Hay	-72.677.549	No Hay
AR-23	-55.462.911	No Hay	-29.155.009	1,0%
AR-24	287.391.060	46,2%	591.789.733	53,9%
AR-66	-53.521.347	No Hay	-32.275.134	No Hay
AR-69	-50.106.370	3,2%	-2.034.960	5,7%
AR-73	-24.373.827	7,3%	42.572.912	11,7%

Fuente: Elaboración propia



Finalmente, se presentan en el Cuadro 7-3 el ranking de los proyectos, considerando los proyectos con menor costo por hectárea regada como variable de orden.

**CUADRO 7-3  
RANKING PROYECTOS**

Orden	Sitio	Superficie (ha)	Costo (\$)	Costo por Unidad de Superficie (millones \$/ha)
1	AR-24	2,96	89.641.757	30.284.377
2	AR-14	2,40	75.171.900	31.321.625
3	AR-73	1,88	67.874.230	36.103.314
4	AR-17	1,01	47.047.633	46.581.815
5	AR-09	1,16	55.928.602	48.214.312
6	AR-11	1,18	58.578.642	49.642.917
7	AR-69	1,61	85.604.798	53.170.682
8	AR-22	1,59	87.202.751	54.844.497
9	AR-66	1,07	64.724.150	60.489.860
10	AR-23	1,06	71.165.908	67.137.649

Fuente: Elaboración propia.

Se hace notar que tanto desde el punto de vista de la evaluación económica, o la razón costo/superficie, los mejores proyectos son los mismos: AR-24, AR-14, y AR-73.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del estudio, se dispone de 10 proyectos desarrollados completamente siguiendo los lineamientos que tradicionalmente se han solicitado para la postulación a la bonificación de la Ley 18.450. Se observa que los proyectos aprovecharían las precipitaciones que nacen y mueren en el predio considerado para el proyecto. Se hace notar que el alto costo de las obras queda dado principalmente por las obras anexas de hormigón. En particular, la obra de protección, representa entre un 10 % y un 30 % del total de la obra, siendo en algunos casos mayor al costo del muro. Esto se debe a las exigencias establecidas en los manuales de diseño de la Ley 18.450, que exigen que las obras de protección se diseñen para ser capaces de conducir crecidas de 250 años de periodo de retorno. Es decir, el elevado costo se debe a la seguridad, no solo de la obra, sino de las personas que se ubiquen aguas debajo de la obra.

Este tipo de proyectos tiene un impacto muy significativo para el agricultor, ya que si bien permite garantizar el riego de pequeñas superficies, este escenario es un cambio radical a la condición económica y productiva del agricultor, el que en muchos casos realiza una agricultura de secano o simplemente no practica ninguna actividad en su predio. En este

sentido, el estudio agroeconómico muestra los cambios cualitativos y cuantitativos que podrían tener lugar con cada proyecto, pero a la vez implícitamente refleja un importante desafío en términos de la asesoría y transferencia tecnológica pertinentes para tener éxito en la implementación final de las obras. No obstante lo anterior, es necesario enfatizar que dada su condición de subsistencia y dificultad para acceder al crédito necesario para invertir en una obra de esta envergadura, el mayor bienestar económico del agricultor se alcanza si y solo si se considera un subsidio que financie la mayor parte del proyecto.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se preparó un ranking de los proyectos, mostrándose en primer lugar el proyecto que presenta los mejores indicadores, y en último lugar, el proyecto con los peores indicadores:

Orden	Sitio	Orden	Sitio
1	AR-24	6	AR-09
2	AR-14	7	AR-69
3	AR-73	8	AR-22
4	AR-17	9	AR-66
5	AR-11	10	AR-23

En último lugar, se debe hacer notar que este estudio es un aporte a los beneficiarios, y que es el consultor que represente a cada beneficiario a un futuro concurso de la ley de fomento u otro mecanismo de financiamiento del estado, deberá hacerse responsable de esta información.