



MÁS Y MEJOR RIEGO PARA CHILE

**RESUMEN EJECUTIVO
ESTUDIO BÁSICO
“DIAGNÓSTICO DE MICROTRANQUES EN EL SECANO COSTERO
DE LA VII REGIÓN”**

MARZO DE 2020



MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

yo
cuido
el agua

REALIZADO POR





MÁS Y MEJOR
RIEGO PARA CHILE

yo
cuido
el agua

Equipo participante:

Luis Arrau del Canto

Jefe de Estudio - Especialista en Riego

Catalina Eastman Mendoza

Coordinadora del Estudio, Encargada SIG y Modelo de Gestión de Recursos Hídricos

Mónica Pino Honores

Encargada Topografía

Elizabeth Mockridge Espinoza

Especialista Mecánica de Suelos y Embalses

Cristian Schmitt Magasich

Especialista Legal

Sandra Pérez Aros

Especialista Estudio Hidrológico e Hidráulico

Rodrigo Alvear Contreras

Especialista en Desarrollo Agroproductivo

Wilson Ureta Parraguez

Especialista en Gestión de Recursos Hídricos y Proyectos de Riego

Sebastián Mosqueira Giacaman

Ingeniero de Proyectos - Identificación Alternativas y Obras Civiles

Carlos Torres Barraza

Encargado Trabajos Cartografía y Planos

Betsabé Gallardo Illanes

Encargada Control Calidad

Camilo González Bascuñán

Técnico de Terreno

ESTUDIO BÁSICO
“DIAGNÓSTICO DE MICROTRANQUES EN EL SECANO COSTERO DE LA VII REGIÓN”

ÍNDICE DE CONTENIDOS – RESUMEN EJECUTIVO

Acápites	Descripción	Página
1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
1.1.	INTRODUCCIÓN	1
1.2.	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	1
1.2.1.	Objetivo General	1
1.2.2.	Objetivos Específicos	2
1.3.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	2
1.3.1.	Aspectos Generales	2
1.3.2.	Políticas de la Comisión Nacional de Riego	3
1.3.3.	Justificación del Estudio	4
1.4.	ALCANCE DEL ESTUDIO	5
2.	PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO	5
2.1.	IDENTIFICACIÓN DE SITIOS	5
2.2.	SELECCIÓN DE SITIOS	6
3.	SOLICITUD DERECHOS DE AGUA	8
4.	ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA	12
4.1.	ASPECTOS GENERALES	12
4.2.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	12
4.3.	TRABAJOS DE TERRENO	18
4.3.1.	Topografía	18
4.3.2.	Prospecciones de Terreno	18
4.3.3.	Estudio Agronómico: Encuestas Agropecuarias y Caracterización de Suelos	18
4.4.	DISEÑO MICROTRANQUES	19
4.4.1.	Definición de Eje de Presa	19
4.4.2.	Sistemas de Impermeabilización	21
4.4.3.	Sistemas de Impulsión	21
4.4.4.	Criterios de Diseño Estructural	22
4.5.	COSTO DE LAS OBRAS	22
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23

ESTUDIO BÁSICO
“DIAGNÓSTICO DE MICROTRANQUES EN EL SECANO COSTERO DE LA VII REGIÓN”

ÍNDICE DE CUADROS – RESUMEN EJECUTIVO

Cuadro	Descripción	Página
2-1	Lista de Sitios Seleccionados	7
3-1	Resumen Antecedentes para Solicitud Derechos de Aprovechamiento	9
3-2	Seguimiento Solicitudes de Derechos de Aguas	11
4-1	Resultados 85% de Probabilidad de Excedencia	13
4-2	Análisis de Necesidad de Uso de Recursos Eventuales (10% Probabilidad de Excedencia)	14
4-3	Caudales de Crecida	16
4-4	Resumen Parámetros Diseño Microtranques	20
4-5	Resumen de Costos Microtranques	23

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

El Estudio Básico “Diagnóstico de Sitios de Microtranques en el Secano Costero de la VII Región”, corresponde a un estudio, a nivel de prefactibilidad, cuyo objetivo fundamental fue identificar 60 sitios para el desarrollo de perfiles de proyectos de microtranques de acumulación estacional, en el secano costero e interior de la VII Región, específicamente abarcando las comunas de Cauquenes, Pelluhue, Chanco, Empedrado, Péncahue, Constitución, Curepto, San Javier, Sagrada Familia, Hualañé, Licantén, Vichuquén y Rauco.

Este estudio, surge como respuesta a las diferentes problemáticas identificadas durante el desarrollo de los Diagnósticos para Elaboración de Planes de Riego, ejecutados en la Región, donde una de las principales demandas es mejorar la seguridad de riego en la zona del secano, a través de iniciativas que faciliten el desarrollo de microtranques de acumulación intraprediales y que vayan asociados a la regularización de los derechos de aprovechamiento de las aguas a acumular.

La tipología de obra a identificar corresponde a microtranques de acumulación estacional (cuya finalidad es acumular el recurso hídrico de aguas provenientes de lluvias) o tranques de acumulación lateral (captan el recurso hídrico a través de una bocatoma en un cauce natural y son conducidas hacia un tranque ubicado lateralmente). En ambos casos, los muros no pueden superar los 5 m de altura y su capacidad de acumulación debe ser inferior a 50.000 m³.

Esta consultoría contempló la elaboración de un diagnóstico de los potenciales sitios donde materializar este tipo de obra, y un posterior ranking de los lugares con mejores posibilidades, para lograr seguir estudios más detallados. El diagnóstico y posterior ranking de alternativas, obedece 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 procede al desarrollo de estudios, tanto administrativos como ingenieriles.

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

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general del estudio es: Identificar y seleccionar sitios para obtener derechos de agua para la posterior construcción de microtranques de acumulación estacional o tranques de acumulación

lateral, analizando condiciones físicas, antecedentes legales e hidrología y elaborar perfiles de proyecto que y los antecedentes necesarios para iniciar la tramitación de derechos de aprovechamiento de las aguas.

1.2.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son:

- Identificar al menos 80 sitios para luego definir 60 sitios en los que se puedan establecer microtranques de acumulación estacional.
- Determinar volumen previo de acumulación mediante uso de imágenes satelitales.
- Determinar mediante análisis hidrológico, los caudales eventuales para la realización de solicitud de derechos de aprovechamiento de aguas.
- Determinar la tenencia de la tierra mediante análisis de límites prediales.
- Iniciar el trámite de solicitud de los derechos de aprovechamiento sobre las aguas superficiales a embalsar.
- Preparar perfiles de proyectos de acumulación.
- Determinar los costos estimados de construcción para cada proyecto considerando las tipologías señaladas anteriormente.

1.3. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

1.3.1. Aspectos Generales

Ya en el año 2012, se daba cuenta de los estragos que el déficit de precipitaciones causaba en el sector agropecuario, siendo este año declarada Emergencia Agrícola en trece comunas de la Región del Maule: Rauco, Sagrada Familia, Licantén, Vichuquén, Hualañé, Curepto, Constitución, Empedrado, Penciahue, San Javier, Chanco, Pelluhue y Cauquenes. En estas comunas, pertenecientes al Secano Interior y Costero, existían evidentes problemas de disponibilidad de agua, lo que afectaba tanto a la producción agrícola como a la calidad de las praderas naturales para los productores ganaderos.

Durante la realización de los estudios de Diagnóstico para Elaborar los planes de riego en la zona, años 2015 y 2016, entre las necesidades planteadas por los agricultores, se releva la importancia de contar con fondos y estudios que promuevan la construcción de obras de acumulación de agua, tanto superficiales como aguas lluvias, como una vía para asegurar la producción y mejorar las posibilidades de los productores agropecuarios del Secano.

Entre los problemas detectados en los planes de riego, que son relevantes para el área de estudio, está la falta de regularización de derechos de agua en la zona del secano costero, debido a la gran cantidad de sucesiones presentes en el territorio, al alto costo del trámite para los agricultores, desconocimiento del proceso y distancia con las instituciones pertinentes.

Además de lo anterior, se encuentra la competencia por el uso del agua entre los sistemas APR, la agricultura y las empresas forestales (abarcan sobre el 50% de territorio), lo que, sumado a la calidad de los suelos y la disminución de las precipitaciones, dificulta para muchos agricultores o ganaderos, generar producciones más allá del autoconsumo.

Posterior al levantamiento de información en los Planes de Riego, las problemáticas de buena parte del área de estudio se vieron agravadas por los daños ocasionados por los incendios, que afectaron un total de 12.551 ha de uso agrícola, las cuales se traducen en 2.117 productores agrícolas afectados. Frente a los daños ocurridos por los incendios, las acciones de respuesta inmediata del Estado para el sector agropecuario se orientaron a dar asistencia para recuperar y asegurar la continuidad productiva de los agricultores. Por otro lado, como parte del proceso de restauración post incendios, el Ministerio de Agricultura planteó la promoción de experiencias demostrativas agropecuarias, como: Producción de ovinos y bovinos bajo manejo silvopastoral, forraje hidropónico, Hortalizas y frutas (olivos, viñas [uva de mesa y vinos]), Sistema de captación de agua y riego tecnificado, entre otros. Si se analiza, para todas las actividades que se desean proponer, es necesario aumentar la seguridad de riego y que los productores cuenten con el agua suficiente para poder llevar a cabo sus actividades, tanto agrícolas como pecuarias.

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 micro-embalses.
- 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 micro-embalses 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 micro-embalses.

- d) **Transparencia y acceso a mercados:** La producción de sectores en la actualidad improductivos, les 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.

En el área de estudio existen dos problemas fundamentales que afectan las posibilidades del desarrollo agrícola: la escasez hídrica, caracterizada por episodios de sequía, la necesidad de reconstrucción post incendios 2017 y la erosión de los suelos.

1.3.3. Justificación del Estudio

Si bien, las condiciones de base son difícilmente modificables (como la calidad de los suelos o la escasez hídrica), la posibilidad de contar con obras de acumulación de aguas superficiales o aguas lluvias se presenta como una posibilidad, más que de solución, de aumento de oportunidades para los productores beneficiarios.

En primer lugar, desde el punto de vista de la disponibilidad, contar con microtranques permite asegurar el abastecimiento de agua para la producción, permite a los agricultores apostar a cultivos más rentables y a los ganaderos a tener la posibilidad de mantener praderas mejoradas. Esto tiene un impacto directo en el estándar productivo, permitiendo al beneficiario superar la barrera de la producción de autoconsumo y proyectarse hacia la comercialización de los cultivos.

La oportunidad de acceder a este tipo de iniciativas, en especial en aquellas zonas que han sido afectadas por los incendios, es un aporte al proceso de reconstrucción, abriendo posibilidades al desarrollo de agricultura bajo riego y con ello, la posibilidad, a través de cultivos apropiados, de avanzar en la recuperación de los suelos que fueron dañados por la erosión y los incendios.

El desarrollo de proyectos de microtranques, no solo es una oportunidad para los agricultores, sino también para que la Comisión Nacional de Riego sea una institución reconocida por parte de los agricultores de la zona del secano, siendo una alternativa cierta que no está restringida solo a los grandes productores.

1.4. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente estudio entrega, como producto final, 60 perfiles de proyectos de microtranques, con todos los antecedentes necesarios que permitirán su posterior postulación a los concursos de la Ley de Riego 18.450.

2. PRINCIPALES RESULTADOS DEL ESTUDIO

2.1. IDENTIFICACIÓN DE SITIOS

Con el fin de seleccionar los sitios a evaluar, se definieron criterios mínimos de trabajo, que serán explicados a los equipos técnicos para establecer un filtro para definir el listado preliminar de sitios:

- a) Que los terrenos presentaran zonas con angostamientos que permitan la instalación de un muro, o en su defecto, zonas aptas para la construcción de 1 o más muros que permitieran el almacenamiento de aguas superficiales, que exista en ellos un cauce temporal o permanente de escurrimiento de aguas (se discriminó en función de la información obtenida de la revisión de los derechos de aprovechamiento).
- b) Sitios con una superficie de al menos 6 ha, que permita la construcción de las obras del tranque (muro, vertedero y obras anexas), que contenga la superficie de la laguna que se genera y el área bajo riego. Esta misma superficie debía permitir que los recursos hídricos generados vía escurrimiento superficial sean suficientes para el funcionamiento de la obra.
- c) Sitios en lo posible con un solo dueño, evitando las sucesiones no regularizadas.
- d) Sitios con una cuenca aportante no superior a 200 ha en lo posible, de modo que las obras de control de crecidas sean pequeñas, teniéndose un vertedero de bajo costo.
- e) Preferencia a obras en quebradas laterales, ya que esta ubicación permite obras de control de menor tamaño, o incluso sin control. Además, se simplifica el trámite de obtención de permisos ante la DGA por intervención de cauces naturales, ya que tienen cuencas propias de muy limitado tamaño.
- f) En el caso de embalses laterales, se dio prioridad a sitios que se llenen y rieguen gravitacionalmente, por sobre sitios que requieran bombeo, ya sea para su llenado o la entrega del agua al riego.

Establecidos estos criterios, y con el apoyo de los equipos locales de INDAP y PRODESAL, se visitaron un total de 112 potenciales beneficiarios, de los cuales se obtuvieron los 80 sitios que cumplían con las condiciones exigidas por la CNR.

2.2. SELECCIÓN DE SITIOS

Para realizar las visitas a los predios de los agricultores interesados, se recopilaron, 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.

Del total de sitios visitados, se procedió a realizar una estimación de volumen mediante el uso de imágenes satelitales gratuitas, como lo indicaban los TR, las cuales no en todos los casos tenían relación con la realidad del terreno, lo que llevó a probar con imágenes Google, comparar con estudios anteriores y finalmente, para poder tener una mejor aproximación, en aquellos casos en que las imágenes no permitían estimar un valor, se realizaron mediciones en terreno con el uso de altímetros y generando perfiles de las zonas de acumulación. Con todos los antecedentes, se presentó la estimación de volúmenes indicando los niveles de incertidumbre de los cálculos.

Em función de la estimación de volumen, se elaboró una priorización obteniendo 80 sitios. Luego, se recopilaron antecedentes adicionales como la viabilidad de solicitar los derechos de aguas para abastecer el proyecto, se realizaron nuevas visitas a terreno por parte del equipo consultor, específicamente por un profesional y un técnico de terreno, o en caso de considerarse necesario alguno de los especialistas.

Por último, para estimar el costo de los microtranques se utilizaron los resultados del estudio "Diagnóstico de Microtranques Región del Biobío" (CNR, 2014), en que en promedio el costo directo de los microtranques es de 16,5 UF/m, costo para el que se estimó un error de ± 35 %. Se estimó adicionalmente que en promedio el costo del muro es cerca de un 78,0 % del costo total de la obra.

Con estos antecedentes se elaboró un nuevo ranking, llegando al total de los 60 sitios seleccionados, que se presentan en el Cuadro 2-1.

CUADRO 2-1
LISTA DE SITIOS SELECCIONADOS

N°	SITIO	NOMBRE BENEFICIARIO	COMUNA	PROVINCIA
1	SD-01	Patricio Alejandro Valdés Espinoza	Cauquenes	Cauquenes
2	SD-02	Elio Vergara	Licantén	Curicó
3	SD-03	María Patricia Regina Venegas Lazo	Cauquenes	Cauquenes
4	SD-04	Guillermo José Del Río Salas	Cauquenes	Cauquenes
5	SD-05	Artemio Valenzuela Rojas	Vichuquén	Curicó
6	SD-06	Nivaldo Antonio Morales Valdés	Empedrado	Talca
7	SD-07	Darío Del Carmen Retamal Rodríguez	Empedrado	Talca
8	SD-08	Flor María Valenzuela Chavarría	Cauquenes	Cauquenes
9	SD-09	Salvador Yáñez Salas (Fallecido, Contacto Waldo Yáñez)	Cauquenes	Cauquenes
10	SD-10	Rogelio Del Carmen Henríquez	Cauquenes	Cauquenes
11	SD-11	Alba Iris Rojas Sepúlveda	Cauquenes	Cauquenes
12	SD-12	Ana Luisa Alegría Véliz	Cauquenes	Cauquenes
13	SD-13	Vicente Alejandro Loyola Contreras	Cauquenes	Cauquenes
14	SD-14	Sergio Del Carmen Cancino Garrido	Chanco	Cauquenes
15	SD-15	Manuel Jesús Silva Muñoz	Hualañé	Curicó
16	SD-16	Berardo Alberto Peñailillo Ávila	Cauquenes	Cauquenes
17	SD-17	Idecida Del Carmen Figueroa Cancino	Pencahue	Talca
18	SD-18	Lide Del Carmen Molina González	Curepto	Talca
19	SD-19	Brígida Del Rosario Muñoz Henríquez	Cauquenes	Cauquenes
20	SD-20	José Del Carmen Muñoz Valdés	Cauquenes	Cauquenes
21	SD-21	Luis Reyes González	Hualañé	Curicó
22	SD-22	Flavio Antonio Letelier Flores	Cauquenes	Cauquenes
23	SD-23	Patricia Del Carmen Valdivia Vergara	Hualañé	Curicó
24	SD-24	Fernando Del Carmen Cortés Naranjo	Hualañé	Curicó
25	SD-25	Luis Gumercindo Latorre Muñoz	Cauquenes	Cauquenes
26	SD-26	Silvia Alicia Molina Baungartner	Cauquenes	Cauquenes
27	SD-27	Luis Rudecindo Cortés Naranjo	Hualañé	Curicó
28	SD-28	Lucinda Del Carmen Pereira Muñoz	Cauquenes	Cauquenes
29	SD-29	Patricio Alejandro Valdés Espinoza	Cauquenes	Cauquenes
30	SD-30	María Elena Del Carmen Aravena Aravena	Cauquenes	Cauquenes
31	SD-31	Agrícola La Orilla - Rodrigo Gabriel Azócar Guerrero	Empedrado	Talca
32	SD-32	María Angélica Lara Torres	Cauquenes	Cauquenes
33	SD-33	Patricia De Las Mercedes González Aliaga	Hualañé	Curicó
34	SD-34	Felimón Alejandro Arellano Campos	Cauquenes	Cauquenes
35	SD-35	Iris Susana Herrera Retamal	Curepto	Talca
36	SD-36	José Daniel Alarcón Durán	Cauquenes	Cauquenes
37	SD-37	Agrícola La Isla - Alfredo Gonzalo Parot Donoso	Cauquenes	Cauquenes
38	SD-38	Manuel Jesús Medina Quitral	Vichuquén	Curicó
39	SD-39	Román Celín Venegas Maldonado	Hualañé	Curicó
40	SD-40	Hilda Rosa Aravena Aravena	Cauquenes	Cauquenes
41	SD-41	José Alfonso Zapata Jara	Pelluhue	Cauquenes
42	SD-42	Gustavo Marcelo Espíndola Ossa	Pencahue	Talca
43	SD-43	Gilberto Gerardo Ramírez Poblete	Curepto	Talca
44	SD-44	José Anselmo Lagos Pérez	Chanco	Cauquenes

**CUADRO 2-1
LISTA DE SITIOS SELECCIONADOS**

N°	SITIO	NOMBRE BENEFICIARIO	COMUNA	PROVINCIA
45	SD-45	Adrián José Joaquín Apablaza Concha	Vichuquén	Curicó
46	SD-46	Emilio Del Carmen Pulgar Díaz	Hualañé	Curicó
47	SD-47	Moisés Ramiro García Rojas	Cauquenes	Cauquenes
48	SD-48	Fernando Patricio Abarca Vergara	Curepto	Talca
49	SD-49	Raúl Alejandro Vera Peñailillo	Pelluhue	Cauquenes
50	SD-50	José Hipólito Avendaño Miños	Constitución	Talca
51	SD-51	José Rodrigo Del Carmen Correa Ahumada	Hualañé	Curicó
52	SD-52	Rafael Segundo Murgas Murgas	Constitución	Talca
53	SD-53	Rosa Isabelina Castro Valenzuela	Pencahue	Talca
54	SD-54	Eliana Del Carmen Faúndez Concha	Vichuquén	Curicó
55	SD-55	José Moisés Espina Espina	Curepto	Talca
56	SD-56	Vicente Segundo Aravena Sepúlveda	Cauquenes	Cauquenes
57	SD-57	María Milagro Martínez Daza	Curepto	Talca
58	SD-58	Santiago Segundo Guerrero Veas	Vichuquén	Curicó
59	SD-59	Ana Alicia Díaz Valenzuela	Cauquenes	Cauquenes
60	SD-60	Norma Rosa Venegas Maldonado	Hualañé	Curicó

Fuente: Elaboración propia.

3. SOLICITUD DERECHOS DE AGUA

Uno de los temas más relevantes dentro de la presente Consultoría, radica en la factibilidad de la utilización de las aguas superficiales para las obras de micro-embalses o tranques de acumulación lateral. Debido a esto, se evaluó para cada sitio de emplazamiento identificado en la etapa anterior, la pertinencia y la forma de solicitar los derechos de aguas, de acuerdo con las siguientes condiciones:

Para determinar los caudales a solicitar para cada sitio, se determinó la superficie aportante al embalse, el volumen permanente disponible (representado por una probabilidad de excedencia del 85%), el volumen eventual (representado por una probabilidad de excedencia del 10%). Se considera como volumen posible de almacenar al permanente y un 50% del eventual (siguiendo las reglas de los concursos de la Ley 18.450 para determinar superficie regable). La disponibilidad hidrológica se comparó con la capacidad física, adoptándose el menor de esos valores, con un volumen mínimo de 10.000 m³ (ya que sitios de volumen físico menor pueden excavarse). Para la solicitud se incluye un 20% de holgura y se solicita un máximo de 50.000 m³ al año.

Los datos de punto de captación y caudal solicitado por sitio se presentan en el Cuadro 3-1.

CUADRO 3-1
RESUMEN ANTECEDENTES PARA SOLICITUD DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

#	SITIO	Nombre Solicitante	Coord. punto captación		Caudal Solicitado (m3/año)
			UTM Este	UTM Norte	
1	SD-01	Patricio Alejandro Valdés Espinoza	747.415	6.013.254	45.000,00
2	SD-02	Elio Vergara	230.262	6.124.560	18.000,00
3	SD-03	María Patricia Regina Venegas Lazo	736.297	6.009.313	49.000,00
4	SD-04	Guillermo José Del Río Salas	755.114	6.020.461	43.000,00
5	SD-05	Artemio Valenzuela Rojas	772.010	6.153.782	49.000,00
6	SD-06	Nivaldo Antonio Morales Valdés	761.169	6.045.351	46.000,00
7	SD-07	Darío Del Carmen Retamal Rodríguez	750.586	6.050.240	18.000,00
8	SD-08	Flor María Valenzuela Chavarría	743.687	6.033.777	18.000,00
9	SD-09	Salvador Yáñez Salas	751.402	6.009.897	27.000,00
10	SD-10	Rogelio Del Carmen Henríquez	750.882	6.004.734	18.000,00
11	SD-11	Alba Iris Rojas Sepúlveda	743.903	5.989.340	33.000,00
12	SD-12	Ana Luisa Alegría Véliz	751.793	6.003.269	24.000,00
13	SD-13	Vicente Alejandro Loyola Contreras	750.252	5.991.408	49.000,00
14	SD-14	Sergio Del Carmen Cancino Garrido	728.349	6.049.439	18.000,00
15	SD-15	Manuel Jesús Silva Muñoz	236.992	6.133.565	21.000,00
16	SD-16	Berardo Alberto Peñailillo Avila	758.484	6.016.293	28.000,00
17	SD-17	Idecida Del Carmen Figueroa Cancino	247.440	6.091.506	37.000,00
18	SD-18	Lide Del Carmen Molina González	233.408	6.114.572	18.000,00
19	SD-19	Brígida Del Rosario Muñoz Henríquez	751.456	6.003.479	49.000,00
20	SD-20	José Del Carmen Muñoz Valdés	744.381	6.026.658	36.000,00
21	SD-21	Luis Reyes González	248.577	6.128.604	18.000,00
22	SD-22	Flavio Antonio Letelier Flores	747.095	6.020.938	45.000,00
23	SD-23	Patricia Del Carmen Valdivia Vergara	257.401	6.130.577	27.000,00
24	SD-24	Fernando Del Carmen Cortés Naranjo	268.947	6.128.201	49.000,00
25	SD-25	Luis Gumercindo Latorre Muñoz	748.234	5.993.148	39.000,00
26	SD-26	Silvia Alicia Molina Baungartner	750.431	6.005.382	33.000,00
27	SD-27	Luis Rudecindo Cortés Naranjo	269.683	6.129.163	27.000,00
28	SD-28	Lucinda Del Carmen Pereira Muñoz	745.671	5.993.699	22.000,00
29	SD-29	Patricio Alejandro Valdés Espinoza	767.639	6.036.644	21.000,00
30	SD-30	María Elena Del Carmen Aravena Aravena	757.787	6.011.788	49.000,00
31	SD-31	Rodrigo Gabriel Azócar Guerrero	748.571	6.054.371	31.000,00
32	SD-32	María Angélica Lara Torres	763.683	6.021.528	49.000,00
33	SD-33	Patricia De Las Mercedes González Aliaga	255.705	6.122.479	42.000,00
34	SD-34	Felimón Alejandro Arellano Campos	761.481	6.025.262	28.000,00
35	SD-35	Iris Susana Herrera Retamal	247.110	6.118.278	18.000,00
36	SD-36	José Daniel Alarcón Durán	741.143	6.027.549	49.000,00
37	SD-37	Alfredo Gonzalo Parot Donoso	742.247	6.012.964	49.000,00
38	SD-38	Manuel Jesús Medina Quitral	229.961	6.128.100	49.000,00
39	SD-39	Román Celín Venegas Maldonado	234.271	6.137.104	18.000,00
40	SD-40	Hilda Rosa Aravena Aravena	735.642	6.018.634	25.000,00
41	SD-41	José Alfonso Zapata Jara	723.066	6.036.105	19.000,00

CUADRO 3-1
RESUMEN ANTECEDENTES PARA SOLICITUD DERECHOS DE APROVECHAMIENTO

#	SITIO	Nombre Solicitante	Coord. punto captación		Caudal Solicitado (m3/año)
			UTM Este	UTM Norte	
42	SD-42	Gustavo Marcelo Espíndola Ossa	234.711	6.083.443	31.000,00
43	SD-43	Gilberto Gerardo Ramírez Poblete	245.349	6.115.196	22.000,00
44	SD-44	José Anselmo Lagos Pérez	727.073	6.047.376	22.000,00
45	SD-45	Adrián José Joaquín Apablaza Concha	227.166	6.134.302	18.000,00
46	SD-46	Emilio Del Carmen Pulgar Díaz	256.826	6.132.270	31.000,00
47	SD-47	Moisés Ramiro García Rojas	744.162	6.031.072	25.000,00
48	SD-48	Fernando Patricio Abarca Vergara	246.482	6.117.259	18.000,00
49	SD-49	Raúl Alejandro Vera Peñailillo	721.237	6.034.907	18.000,00
50	SD-50	José Hipólito Avendaño Miños	760.118	6.103.700	18.000,00
51	SD-51	José Rodrigo Del Carmen Correa Ahumada	257.420	6.132.002	31.000,00
52	SD-52	Rafael Segundo Murgas Murgas	755.740	6.103.818	19.000,00
53	SD-53	Rosa Isabelina Castro Valenzuela	245.233	6.091.437	31.000,00
54	SD-54	Eliana Del Carmen Faúndez Concha	227.031	6.129.898	18.000,00
55	SD-55	José Moisés Espina Espina	242.280	6.106.621	18.000,00
56	SD-56	Vicente Segundo Aravena Sepúlveda	739.279	6.000.591	18.000,00
57	SD-57	María Milagro Martínez Daza	246.910	6.119.268	31.000,00
58	SD-58	Santiago Segundo Guerrero Veas	769.169	6.139.839	18.000,00
59	SD-59	Ana Alicia Díaz Valenzuela	743.391	6.025.689	18.000,00
60	SD-60	Norma Rosa Venegas Maldonado	233.959	6.136.918	18.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Se presentaron las 60 solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas, tanto en las oficinas de la DGA como en las Gobernaciones de Cauquenes y Linares según correspondiera. No se recibieron oposiciones a las solicitudes y se realizó seguimiento de ellas a lo largo del estudio.

Además, la CNR realizó gestiones con la DGA para disminuir los montos asociados a las visitas inspectivas.

En el Cuadro 3-2 se presenta el listado de solicitudes y su estado al cierre de este estudio.

CUADRO 3-2
SEGUIMIENTO SOLICITUDES DE DERECHOS DE AGUAS

N°	Sitio	Ingreso Solicitud en DGA y Gobernaciones	Publicaciones entregadas en Gobernaciones/DGA	Código de Expediente Asignado	Estado Actual Solicitud
1	SD-01	Realizado	Realizado	ND-0704-2406	Pendiente
2	SD-02	Realizado	Realizado	ND-0701-4422	Pendiente
3	SD-03	Realizado	Realizado	ND-0704-2400	Pendiente
4	SD-04	Realizado	Realizado	ND-0704-2409	Pendiente
5	SD-05	Realizado	Realizado	ND-0701-4424	Pendiente
6	SD-06	Realizado	Realizado	ND-0702-4902	Pendiente
7	SD-07	Realizado	Realizado	ND-0702-4901	Pendiente
8	SD-08	Realizado	Realizado	ND-0704-2410	Pendiente
9	SD-09	Realizado	Realizado	ND-0704-2401	Pendiente
10	SD-10	Realizado	Realizado	ND-0704-2422	Pendiente
11	SD-11	Realizado	Realizado	ND-0704-2421	Pendiente
12	SD-12	Realizado	Realizado	ND-0704-2420	Pendiente
13	SD-13	Realizado	Realizado	ND-0704-2419	Pendiente
14	SD-14	Realizado	Realizado	ND-0704-2415	Pendiente
15	SD-15	Realizado	Realizado	ND-0701-4411	Pendiente
16	SD-16	Realizado	Realizado	ND-0704-2416	Pendiente
17	SD-17	Realizado	Realizado	ND-0702-4912	Pendiente
18	SD-18	Realizado	Realizado	ND-0702-4911	Pendiente
19	SD-19	Realizado	Realizado	ND-0704-2417	Pendiente
20	SD-20	Realizado	Realizado	ND-0704-2418	Pendiente
21	SD-21	Realizado	Realizado	ND-0701-4419	Pendiente
22	SD-22	Realizado	Realizado	ND-0704-2405	Pendiente
23	SD-23	Realizado	Realizado	ND-0701-4413	Pendiente
24	SD-24	Realizado	Realizado	ND-0701-4637	Pendiente
25	SD-25	Realizado	Realizado	ND-0704-2404	Pendiente
26	SD-26	Realizado	Realizado	ND-0704-2403	Pendiente
27	SD-27	Realizado	Realizado	ND-0701-4420	Pendiente
28	SD-28	Realizado	Realizado	ND-0704-2413	Pendiente
29	SD-29	Realizado	Realizado	ND-0704-2423	Pendiente
30	SD-30	Realizado	Realizado	ND-0704-2412	Pendiente

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: escorrentía, análisis de crecidas.
- Trabajos de terreno: topografía y prospecciones de terreno
- Estudio agronómico: encuestas agropecuarias y caracterización de suelos
- Definición de eje de presa y cálculos de estabilidad
- Análisis estructural de las obras
- Cubicación y estimación de costos

4.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

La caracterización hidrológica se desarrolló teniendo como base la elaboración de series de caudales medios mensuales en los puntos de interés del área de estudio, a fin de conocer la oferta hídrica asociada a los distintos sitios de microtranques, para posteriormente obtener el caudal anual de probabilidad de excedencia 85%. Estos resultados se utilizaron para la solicitud de derechos de agua para cada proyecto.

Para cada una de las subcuencas de interés se generaron series de caudales medios. El resultado se presenta como volumen disponible anualmente, incluyendo además el modelo probabilístico adoptado en cada caso. En el Cuadro 4-1 se presenta un resumen con los valores de 85 % de probabilidad de excedencia.

CUADRO 4-1
RESULTADOS 85% DE PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA

Sitio	Método Peñuelas		Sitio	Método Peñuelas	
	Volumen (m ³)	Distribución		Volumen (m ³)	Distribución
SD-01	11.831,20	Log-Normal	SD-31	42.699,40	Log-Normal
SD-02	37.386,30	Pearson	SD-32	335.758,80	Gumbel
SD-03	67.439,60	Pearson	SD-33	9.697,50	Log-Normal
SD-04	82.185,20	Gumbel	SD-34	9.135.911,80	Gumbel
SD-05	217.206,80	Log-Normal	SD-35	3.447,80	Log-Normal
SD-06	61.839,90	Gumbel	SD-36	314.515,60	Log-Normal
SD-07	65.981,80	Gumbel	SD-37	10.657.150,40	Gumbel
SD-08	4.504,50	Log-Normal	SD-38	89.443,10	Gumbel
SD-09	122.704,00	Gumbel	SD-39	8.627,60	Pearson
SD-10	12.023,70	Gumbel	SD-40	34.948,90	Log-Normal
SD-11	18.967,60	Log-Normal	SD-41	101.752,80	Log-Normal
SD-12	141.634,70	Gumbel	SD-42	665.775,90	Log-Normal
SD-13	211.135,90	Log-Normal	SD-43	15.959,40	Log-Normal
SD-14	13.093,50	Log-Normal	SD-44	97.198,60	Log-Normal
SD-15	35.313,70	Gumbel	SD-45	19.300,20	Gumbel
SD-16	4.355,60	Gumbel	SD-46	16.182,60	Log-Normal
SD-17	9.885,20	Log-Normal	SD-47	18.835,80	Log-Normal
SD-18	176.682,70	Pearson	SD-48	29.352,50	Log-Normal
SD-19	18.867,40	Gumbel	SD-49	476.117,20	Log-Normal
SD-20	27.078,00	Log-Normal	SD-50	36.693,00	Gumbel
SD-21	164.051,40	Gumbel	SD-51	30.790,50	Log-Normal
SD-22	179.991,90	Log-Normal	SD-52	1.507,40	Gumbel
SD-23	6.546,30	Log-Normal	SD-53	93.992,80	Gumbel
SD-24	2.341.266,70	Gumbel	SD-54	6.644,10	Log-Normal
SD-25	53.171,10	Log-Normal	SD-55	24.211,70	Gumbel
SD-26	5.971,20	Gumbel	SD-56	113.537,80	Pearson
SD-27	26.918,20	Log-Normal	SD-57	4.526,50	Gumbel
SD-28	7.523,60	Log-Normal	SD-58	3.907,00	Gumbel
SD-29	11.742,90	Gumbel	SD-59	7.648,20	Log-Normal
SD-30	133.780.783,70	Gumbel	SD-60	6.866,80	Gumbel

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se comparó la capacidad de acumulación de cada sitio con el volumen de agua disponible de su respectiva cuenca aportante con 85% de probabilidad de excedencia. En aquellos casos en que existe un déficit (volumen de 85% menor que la capacidad de acumulación del sitio), se considera utilizar parte del volumen asociado a agua eventual (con 10% de probabilidad de excedencia). Los resultados del Cuadro 4-2 muestran que en diez sitios se requiere utilizar en subsidio recursos de tipo eventual.

CUADRO 4-2
ANÁLISIS DE NECESIDAD DE USO DE RECURSOS EVENTUALES
(10% PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA)

Sitio	Volumen Útil Sitio (m ³)	Volumen 85% Probabilidad de Excedencia (m ³)	Situación	Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual (m ³)	Porcentaje del Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual
SD-01	16.212	11.831	Necesita subsidio de V10%	52.533	8,3%
SD-02	6.629	37.386	V85% es suficiente	202.471	0,0%
SD-03	10.209	67.440	V85% es suficiente	290.043	0,0%
SD-04	21.357	82.185	V85% es suficiente	301.928	0,0%
SD-05	36.701	217.207	V85% es suficiente	1.400.656	0,0%
SD-06	17.754	61.840	V85% es suficiente	227.185	0,0%
SD-07	9.443	65.982	V85% es suficiente	242.401	0,0%
SD-08	3.839	4.505	V85% es suficiente	17.940	0,0%
SD-09	9.826	122.704	V85% es suficiente	502.756	0,0%
SD-10	2.685	12.024	V85% es suficiente	49.265	0,0%
SD-11	17.750	18.968	V85% es suficiente	64.679	0,0%
SD-12	5.452	141.635	V85% es suficiente	580.320	0,0%
SD-13	7.987	211.136	V85% es suficiente	734.376	0,0%
SD-14	3.476	13.093	V85% es suficiente	58.138	0,0%
SD-15	10.679	35.314	V85% es suficiente	191.870	0,0%
SD-16	12.242	4.356	Necesita subsidio de V10%	17.846	44,2%
SD-17	14.241	9.885	Necesita subsidio de V10%	54.197	8,0%
SD-18	7.677	176.683	V85% es suficiente	984.236	0,0%
SD-19	30.567	18.867	Necesita subsidio de V10%	89.008	13,1%
SD-20	13.371	27.078	V85% es suficiente	120.233	0,0%
SD-21	4.116	164.051	V85% es suficiente	891.343	0,0%
SD-22	25.610	179.992	V85% es suficiente	799.210	0,0%
SD-23	10.193	6.546	Necesita subsidio de V10%	40.197	9,1%
SD-24	26.406	2.341.267	V85% es suficiente	14.710.449	0,0%
SD-25	17.127	53.171	V85% es suficiente	186.377	0,0%
SD-26	20.304	5.971	Necesita subsidio de V10%	24.466	58,6%
SD-27	16.919	26.918	V85% es suficiente	165.290	0,0%
SD-28	12.127	7.524	Necesita subsidio de V10%	26.169	17,6%
SD-29	11.206	11.743	V85% es suficiente	43.141	0,0%
SD-30	37.475	133.780.784	V85% es suficiente	602.537.662	0,0%
SD-31	17.439	42.699	V85% es suficiente	171.621	0,0%
SD-32	30.205	335.759	V85% es suficiente	1.375.706	0,0%
SD-33	8.755	9.697	V85% es suficiente	59.547	0,0%
SD-34	12.797	9.135.912	V85% es suficiente	38.218.541	0,0%
SD-35	7.101	3.448	Necesita subsidio de V10%	29.371	12,4%
SD-36	29.701	314.516	V85% es suficiente	1.396.530	0,0%
SD-37	27.868	10.657.150	V85% es suficiente	40.469.512	0,0%
SD-38	31.631	89.443	V85% es suficiente	450.599	0,0%
SD-39	6.675	8.628	V85% es suficiente	46.724	0,0%
SD-40	5.789	34.949	V85% es suficiente	155.182	0,0%
SD-41	6.463	101.753	V85% es suficiente	451.809	0,0%
SD-42	17.787	665.776	V85% es suficiente	3.699.906	0,0%

CUADRO 4-2
ANÁLISIS DE NECESIDAD DE USO DE RECURSOS EVENTUALES
(10% PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA)

Sitio	Volumen Útil Sitio (m ³)	Volumen 85% Probabilidad de Excedencia (m ³)	Situación	Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual (m ³)	Porcentaje del Volumen 10% Probabilidad de Excedencia - Eventual
SD-43	6.630	15.959	V85% es suficiente	133.162	0,0%
SD-44	12.978	97.199	V85% es suficiente	431.587	0,0%
SD-45	3.343	19.300	V85% es suficiente	104.864	0,0%
SD-46	6.683	16.183	V85% es suficiente	99.369	0,0%
SD-47	6.819	18.836	V85% es suficiente	83.636	0,0%
SD-48	5.370	29.353	V85% es suficiente	244.911	0,0%
SD-49	3.939	476.117	V85% es suficiente	2.114.083	0,0%
SD-50	3.483	36.693	V85% es suficiente	189.033	0,0%
SD-51	16.092	30.790	V85% es suficiente	189.068	0,0%
SD-52	3.409	1.507	Necesita subsidio de V10%	5.910	32,2%
SD-53	9.705	93.993	V85% es suficiente	531.715	0,0%
SD-54	5.095	6.644	V85% es suficiente	44.004	0,0%
SD-55	3.035	24.212	V85% es suficiente	124.732	0,0%
SD-56	2.145	113.538	V85% es suficiente	488.301	0,0%
SD-57	7.509	4.527	Necesita subsidio de V10%	24.947	12,0%
SD-58	3.154	3.907	V85% es suficiente	19.997	0,0%
SD-59	2.996	7.648	V85% es suficiente	33.960	0,0%
SD-60	5.508	6.867	V85% es suficiente	37.309	0,0%

Fuente: Elaboración propia.

Junto con lo anterior, se realizó el estudio de crecidas necesario para el posterior diseño de los vertederos. Los puntos de interés a modelar fueron los sitios donde se ubicarían los muros de los microtranques o puntos de captación, según corresponda, de cada sitio. Se utilizaron diferentes métodos para la estimación de caudales de manera comparativa, finalmente adoptando los obtenidos por el Método Racional para todas las cuencas bajo 20 km² y Racional modificado para todas las cuencas sobre 20 km². Los resultados adoptados se presentan en el Cuadro 4-3.

**CUADRO 4-3
CAUDALES DE CRECIDA**

Sitio	Q (T=100) Máximo (m ³ /s)			Q (T=150) Máximo (m ³ /s) (*)		
	Racional	Racional Modificado	Verni King original	Racional	Racional Modificado	Verni King original
SD-01	0,280		0,360	0,308		0,390
SD-02	1,865		1,731	2,048		1,872
SD-03	2,038		1,876	2,238		2,028
SD-04	2,107		2,881	2,314		3,115
SD-05	12,290		14,973	13,510		16,212
SD-06	1,958		2,358	2,150		2,550
SD-07	1,864		2,472	2,046		2,672
SD-08	0,166		0,183	0,182		0,198
SD-09	4,237		4,759	4,652		5,146
SD-10	0,516		0,632	0,567		0,683
SD-11	0,652		0,588	0,715		0,634
SD-12	5,265		5,580	5,781		6,033
SD-13	3,824		5,263	4,199		5,690
SD-14	0,333		0,388	0,365		0,420
SD-15	1,814		2,104	1,994		2,278
SD-16	0,212		0,253	0,233		0,274
SD-17	0,393		0,573	0,432		0,620
SD-18	7,352		6,736	8,073		7,283
SD-19	1,372		1,021	1,507		1,104
SD-20	0,388		0,648	0,426		0,701
SD-21	7,818		7,945	8,585		8,590
SD-22 captación	2,652		3,933	2,912		4,253
SD-22 muro	0,014		0,015	0,016		0,016
SD-23	0,513		0,546	0,564		0,591
SD-24 captación		76,186	101,484		81,230	109,880
SD-24 muro	0,617		0,537	0,678		0,582
SD-25	1,370		1,522	1,504		1,646
SD-26	0,283		0,338	0,311		0,365
SD-27	1,367		1,876	1,503		2,031
SD-28	0,253		0,268	0,278		0,290
SD-29	0,293		0,574	0,321		0,620
SD-30 captación		1122,982	1930,714		1195,994	2087,563
SD-30 muro	0,491		0,810	0,539		0,876
SD-31	1,736		1,707	1,906		1,846
SD-32 captación	8,801		11,764	9,664		12,719
SD-32 muro	0,178		0,280	0,196		0,303
SD-33	0,917		0,751	1,007		0,812
SD-34 captación		115,651	181,763		123,170	196,530

**CUADRO 4-3
CAUDALES DE CRECIDA**

Sitio	Q (T=100) Máximo (m ³ /s)			Q (T=150) Máximo (m ³ /s) (*)		
	Racional	Racional Modificado	Verni King original	Racional	Racional Modificado	Verni King original
SD-34 muro	0,261		0,349	0,286		0,377
SD-35	0,494		0,409	0,542		0,442
SD-36	4,201		6,370	4,613		6,888
SD-37 captación		76,596	116,875		81,576	126,369
SD-37 muro	0,117		0,128	0,128		0,139
SD-38	2,952		4,538	3,242		4,907
SD-39	0,361		0,489	0,397		0,529
SD-40	0,639		0,765	0,702		0,827
SD-41	2,090		2,369	2,295		2,561
SD-42	17,486		21,968	19,201		23,753
SD-43	1,749		1,545	1,920		1,671
SD-44 captación	1,748		2,262	1,920		2,445
SD-44 muro	0,063		0,071	0,069		0,077
SD-45	1,331		1,238	1,463		1,340
SD-46	1,100		1,218	1,209		1,319
SD-47	0,421		0,548	0,462		0,593
SD-48	2,817		2,666	3,094		2,883
SD-49 captación	8,753		9,165	9,612		9,910
SD-49 muro	0,026		0,025	0,028		0,027
SD-50	1,228		1,652	1,348		1,786
SD-51	2,079		2,145	2,285		2,323
SD-52	0,094		0,070	0,104		0,075
SD-53	4,298		4,391	4,719		4,747
SD-54	0,424		0,500	0,466		0,542
SD-55	1,099		0,996	1,207		1,077
SD-56	3,044		3,123	3,343		3,377
SD-57	0,227		0,349	0,250		0,377
SD-58	0,296		0,296	0,325		0,321
SD-59	0,150		0,242	0,165		0,262
SD-60	0,418		0,497	0,459		0,539

(*) Los coeficientes para T=150 han sido extrapolados mediante ajuste de curvas, ya que en dicho Manual DGA sólo llegan hasta T=100. El detalle de esta extrapolación puede verse en el Anexo 3-7, hojas "Extrapolación"

Fuente: Elaboración propia.

4.3. TRABAJOS DE TERRENO

4.3.1. Topografía

Para todos los sitios seleccionados, se realizó un levantamiento topográfico del área correspondiente a las obras del tranque. Para cada sector se materializaron dos monolitos de hormigón intervisibles, los que permiten georreferenciar los levantamientos topográficos. Las coordenadas bases están referidas a Sirgas y la elevación tiene como origen la aplicación de la ondulación geoidal obtenida del modelo EGM08, aplicada a las alturas elipsoidales.

La base cartográfica para cada sitio se obtuvo mediante mediciones con equipos GNSS, Estación Total y en algunos sitios se utilizó UAV (Dron), en otros se hizo un uso combinado de las técnicas antes mencionadas teniendo como criterio las condiciones del terreno. La cartografía quedó conformada por modelos de curvas de nivel y planimetría. Los levantamientos se realizaron con una densidad de puntos 1:2.000 en el sector de muros y obras, 1:5.000 para el resto del área.

4.3.2. Prospecciones de Terreno

En cada uno de los 60 sitios de embalse seleccionados se consideró la excavación y muestreo de 2 calicatas: 1 de 3 m. de profundidad en la zona del muro y 1 de 2 m. de profundidad en la zona de empréstito (zona de inundación). Desde cada una de las calicatas se obtuvieron muestras perturbadas y no perturbadas para la ejecución de ensayos geotécnicos en laboratorio. En general, los ensayos considerados fueron los siguientes:

- Calicata 3 m (muro)
 - Clasificación completa (incluye: granulometría, humedad, peso específico, límites de Atterberg y clasificación U.S.C.S.)
 - Análisis de densidad
 - Prueba de Infiltración Porchet al fondo del pozo
- Calicata 2 m (empréstito)
 - Clasificación completa (incluye: granulometría, humedad, peso específico, límites de Atterberg y clasificación U.S.C.S.)
 - Ensayo Proctor
 - Análisis de densidad

A partir de los resultados y análisis de las prospecciones, se definieron los parámetros geotécnicos para el diseño del suelo de fundación, material del muro y análisis de estabilidad de taludes de los microtranques.

4.3.3. Estudio Agronómico: Encuestas Agropecuarias y Caracterización de Suelos

Con la finalidad de caracterizar la Situación Actual Agropecuaria de los sitios en estudio en términos económicos y productivos, se aplicó una Encuesta Simple, que recabó tanto cuantitativa como cualitativamente, la información requerida. A su vez, esta herramienta permite visualizar una proyección de una Situación Futura de cada predio al consultar las intenciones de cultivos que manifiesta cada

agricultor; todo esto ante la eventualidad de contar con una fuente de agua permanente, como un microtranque.

La encuesta recabó diferentes aspectos de caracterización productiva y de tenencia, tales como cantidad de superficie asociada a cultivos, de riego o de secano, o con potencial de riego futuro, terreno con actividad forestal, etc. Además, permitió realizar un análisis de los estándares productivos actuales de cultivos y existencia ganadera, además de una referencia a las intenciones de cultivo que manifiesta cada beneficiado con el estudio.

De forma complementaria se llevó a cabo la descripción física de suelos, a partir de un muestreo con barreno realizado para cada área potencial de riego asociada a cada futuro proyecto de microtranque, descripción realizada para la capa arable del suelo (hasta 60-80 cm) y que asocia información de textura, estructura, presencia de materia orgánica, clasificación por color (Munsell), determinación de limitantes físicas a la agricultura (compactación, mal drenaje, pedregosidad, etc.), en varias submuestras en profundidad.

4.4. DISEÑO MICROTRANQUES

4.4.1. Definición de Eje de Presa

En función de las características de fundación de los sitios seleccionados, la disponibilidad de recursos hídricos afluentes, el análisis de crecidas y los levantamientos topográficos de la zona, se definió la posición óptima del muro de presa, tal que se logren entre otros objetivos:

- a) Adecuada relación Agua / Muro
- b) Máxima Capacidad de Almacenamiento, pero inferior a 50.000 m³ (se adopta por seguridad 49.000 m³)
- c) Altura de Muro inferior a 5,0 m (se adopta por seguridad 4,95 m)
- d) Mínimo volumen de excavación y relleno
- e) Cercanía con los sectores de riego a abastecer
- f) Control adecuado de la Crecida de Diseño (Vertedero)

Definido el eje de presa, se efectuó el análisis de estabilidad del muro, para condiciones estáticas y dinámicas. Como escenarios de cálculo, se analizó la presa llena y vacía. El objetivo de este análisis es la obtención de los parámetros de seguridad de la presa, para distintas condiciones de uso. Las características principales de los microtranques prediseñados se presentan en el Cuadro 4-4.

CUADRO 4-4
RESUMEN PARÁMETROS DISEÑO MICROTRANQUES

Sitio	Altura Muro (m)	Largo vertedero (m)	Vol. Útil (m ³)	Vol. Muerto (m ³)	Talud Muro
SD-01	4,95	0,6	16.212,00	183,9	3:1
fSD-02	4,95	3,3	6.628,50	95,3	3:1
SD-03	3	4,2	10.208,90	389,7	3:1
SD-04	4,5	4	21.357,40	116,8	3:1
SD-05	4	8	36.701,40	543,9	3:1
SD-06	4,95	4	17.753,70	211,3	3:1
SD-07	4,95	3,3	9.443,30	102,7	3:1
SD-08	4,95	0,6	3.839,30	48,7	3:1
SD-09	4,95	7,9	9.825,70	20,3	3:1
SD-10	4,95	0,9	2.684,80	9,1	3:1
SD-11	4,95	1,4	17.749,50	175,5	3:1
SD-12	3,9	7,9	5.451,70	46	3:1
SD-13	4	0,6	7.986,90	280,8	3:1
SD-14	4,95	0,6	3.476,10	28,6	3:1
SD-15	4,95	3,4	10.678,60	83,1	3:1
SD-16	4,95	0,6	12.242,20	142,2	3:1
SD-17	4,95	0,8	14.241,00	34,1	3:1
SD-18	4,95	8	7.677,30	101,5	3:1
SD-19	4,9	0,6	30.566,50	566,9	3:1
SD-20	4,95	0,7	13.370,70	168,9	3:1
SD-21	4,95	7,3	4.116,00	46,1	3:1
SD-22	4,45	0,6	25.610,20	2.463,80	3:1
SD-23	3,95	0,9	10.193,10	180,2	3:1
SD-24	4,95	0,6	26.406,20	553	3:1
SD-25	4,95	2,8	17.126,90	215,6	3:1
SD-26	4,95	0,6	20.303,90	497,7	3:1
SD-27	4,95	2,3	16.918,70	178,9	3:1
SD-28	4,95	0,6	12.127,20	84,8	3:1
SD-29	4,6	0,6	11.206,20	226,7	3:1
SD-30	4,95	0,6	37.474,90	3.131,90	3:1
SD-31	4,95	3,3	17.439,10	215,9	3:1
SD-32	2,9	0,6	30.204,50	684,1	3:1
SD-33	4,95	1,7	8.755,00	130,9	3:1
SD-34	4,95	0,6	12.797,40	814,3	3:1
SD-35	4,95	0,6	7.100,50	647,7	3:1
SD-36	4,95	8	29.700,50	282,7	3:1
SD-37	4,95	0,6	27.867,90	2.207,20	3:1
SD-38	4,95	0,6	31.631,20	2.595,20	3:1
SD-39	4,95	0,7	6.675,40	66,9	3:1
SD-40	4,95	1,4	5.789,40	40,7	3:1
SD-41	4,95	3,7	6.462,70	53,7	3:1
SD-42	4,95	8	17.786,80	208,8	3:1

CUADRO 4-4
RESUMEN PARÁMETROS DISEÑO MICROTRANQUES

Sitio	Altura Muro (m)	Largo vertedero (m)	Vol. Útil (m ³)	Vol. Muerto (m ³)	Talud Muro
SD-43	4,95	3,3	6.629,60	132,6	3:1
SD-44	4,95	0,6	12.977,90	852,9	3:1
SD-45	4,95	2,4	3.343,40	58,2	3:1
SD-46	4,95	2,1	6.682,60	92,3	3:1
SD-47	4,95	0,9	6.818,90	53,4	3:1
SD-48	4,95	4,5	5.369,60	137,1	3:1
SD-49	3,62	0,6	3.939,40	351,2	3:1
SD-50	4,95	2,1	3.482,60	51	3:1
SD-51	4,95	3,6	16.091,60	1.153,50	3:1
SD-52	4,95	0,6	3.408,80	29,8	3:1
SD-53	4,95	0,6	9.705,00	184,9	3:1
SD-54	4,95	0,9	5.095,00	90,4	3:1
SD-55	4,95	2,1	3.034,50	14,8	3:1
SD-56	4,95	5,7	2.145,40	12,4	3:1
SD-57	4,95	0,6	7.509,40	57,9	3:1
SD-58	4,95	0,7	3.153,90	32,7	3:1
SD-59	4,95	0,6	2.995,70	11	3:1
SD-60	4,95	0,6	5.507,80	77,2	3:1

Fuente: Elaboración propia.

4.4.2. Sistemas de Impermeabilización

Los antecedentes de Mecánica de suelos indican que en general, se encuentran suelos de tipo impermeables a semi impermeables en el fondo de las calicatas excavadas en la zona de empréstito (2 m de profundidad). Para tranques totalmente excavados donde la profundidad de excavación supera los 2 m, se considera la disposición de una geomembrana para asegurar la impermeabilidad del depósito. Lo anterior, debido a la incertidumbre del tipo de material que se pueda encontrar bajo esta cota. Se considera una geomembrana bituminosa (e min = 2,2 mm) por sobre la común de HDPE debido a su alta durabilidad frente a la exposición a rayos UV y/o maniobras de limpieza. En la zona de muro, se considera una permeabilidad mayor, en consecuencia, se diseñó un dentellón de 1,5 m de profundidad para asegurar la impermeabilidad en esta zona.

4.4.3. Sistemas de Impulsión

En 9 de los proyectos es necesario realizar algún tipo de bombeo (desde la captación al tranque o desde el tranque a la zona de riego). Debido a la no factibilidad de energía eléctrica en las zonas de bombeo, se considera la utilización de bombas solares. Se selecciona la bomba dependiendo de la capacidad hidráulica requerida de cada sitio.

El caudal requerido para el cálculo hidráulico de bombas se obtiene de los cultivos considerados por los agricultores, donde la mayoría considera plantar frutales. Para este caso, se considera el riego de 1ha en 6 h, lo que genera un requerimiento de 3 l/s. Con respecto al desnivel, éste considera

**CUADRO 4-5
RESUMEN DE COSTOS MICROTRANQUES**

Sitio	Presupuesto	Sitio	Presupuesto	Sitio	Presupuesto
SD-01	\$186.414.381	SD-21	\$88.347.603	SD-41	\$60.856.744
SD-02	\$91.997.803	SD-22	\$162.304.899	SD-42	\$122.784.198
SD-03	\$111.992.884	SD-23	\$96.543.969	SD-43	\$58.928.858
SD-04	\$62.183.796	SD-24	\$348.818.933	SD-44	\$151.320.017
SD-05	\$88.858.229	SD-25	\$128.023.368	SD-45	\$33.324.228
SD-06	\$48.278.333	SD-26	\$156.120.743	SD-46	\$53.540.116
SD-07	\$131.874.215	SD-27	\$289.607.316	SD-47	\$68.822.928
SD-08	\$66.052.704	SD-28	\$141.308.916	SD-48	\$45.605.809
SD-09	\$87.231.795	SD-29	\$109.683.681	SD-49	\$77.515.653
SD-10	\$51.399.619	SD-30	\$161.449.339	SD-50	\$52.527.978
SD-11	\$90.326.581	SD-31	\$102.143.107	SD-51	\$70.400.902
SD-12	\$50.971.283	SD-32	\$143.458.060	SD-52	\$134.868.734
SD-13	\$88.144.310	SD-33	\$166.807.927	SD-53	\$79.590.914
SD-14	\$88.475.961	SD-34	\$96.295.046	SD-54	\$38.176.761
SD-15	\$63.045.498	SD-35	\$89.552.049	SD-55	\$49.131.124
SD-16	\$98.486.015	SD-36	\$89.499.784	SD-56	\$30.093.448
SD-17	\$57.946.996	SD-37	\$165.663.624	SD-57	\$75.111.119
SD-18	\$109.277.846	SD-38	\$169.560.150	SD-58	\$91.370.172
SD-19	\$250.394.711	SD-39	\$142.504.771	SD-59	\$50.288.973
SD-20	\$150.873.174	SD-40	\$41.432.272	SD-60	\$88.711.425

Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En primer lugar, es importante señalar que esta iniciativa abre la posibilidad a 60 agricultores del secano costero de la Región del Maule, acceder a los beneficios del Estado mediante carpetas técnicas y administrativas, que conforman el insumo fundamental para una futura postulación a la Ley 18.450. Además, en este mismo proceso se posibilita que puedan tener la posibilidad abierta y encaminada hacia la obtención de derechos de agua que permitirán, en un escenario de cambio climático y con el marco legal vigente, aumentar de cierta forma su seguridad de acceso al agua de regadío.

Del proceso de búsqueda y selección de sitios, quedan aprendizajes necesarios de considerar en caso de existir iniciativas similares en el futuro. Durante una de las actividades de cierre, quedó en manifiesto confusiones de algunos beneficiarios respecto de los alcances del estudio, según la experiencia del equipo consultor, estas confusiones se desprenden de la forma en que se da inicio a estos estudios y se consiguen los agricultores interesados a través de contactos entregados por INDAP, realizando una especie de "puerta a puerta" para ofrecer de forma directa y particular la posibilidad de participar en la iniciativa. En un escenario de escasez hídrica, muchos acceden sin internalizar por completo lo que se le explica respecto de los alcances y objetivos, solo basados en sus propias necesidades y expectativas. Se recomienda, en caso de estudios similares, generar reuniones informativas, difundidas a través de afiches, invitaciones vía alguna radio local o de los mismos equipos técnicos de terreno que prestan apoyo a los agricultores, dirigentes locales, etc., si bien pueden incrementar algunos costos en el proceso de selección,

facilitará el buen desarrollo del proceso y que entregarán toda la información a los interesados, se resolverán dudas y aplacarán expectativas y con ello se evitará que al momento de entregar los productos, los beneficiarios sientan que recibieron algo diferente a lo que ellos esperaban.

En relación con el proceso de selección, en este estudio la variable considerada para elaborar un ranking definitivo y elegir a los 60 seleccionados - por acuerdo con la CNR – fue la capacidad de acumulación del sitio. La base para estimar dichos volúmenes fue un análisis cartográfico con base en imágenes satelitales gratuitas, que dejaron en evidencia las dificultades de trabajar con dicho material y que luego de diferentes pruebas, se llegó a la conclusión que el volumen estimado por esta vía generaba un alto grado de incertidumbre, lo que se comprobó con el trabajo topográfico.

En lo referido específicamente a los perfiles de proyectos, en cuanto a aspectos geotécnicos, es importante señalar que en general, en la zona en estudio se detectaron principalmente suelos areno limosos, areno arcillosos, rocas meteorizadas, limos ML, arcillas CL, gravas y suelos de alta plasticidad CH y MH. Por ningún motivo los suelos de alta plasticidad podrán ser considerados como suelos de fundación de las obras proyectadas, tampoco como materiales de rellenos. Esto, debido al potencial de consolidación e hinchamiento que generalmente poseen estos suelos y en aquellos casos se requerirán estudios adicionales para definir una solución o reubicación de la obra propuesta.

Existen sectores en los que algunos estratos presentan una compacidad alta que aumenta con la profundidad hasta alcanzar un estado cementado. En otros, aparece roca meteorizada que mejora su calidad con la profundidad.

Respecto a las permeabilidades, prácticamente todos los ensayos de infiltración Porchet resultaron muy bajos o nulos. Esto se asocia a la matriz fina que presentan muchos de los suelos detectados, a la alta compacidad (y cementación en algunos casos), a la existencia de napa (o saturación del suelo).

Los materiales disponibles para la construcción de muros son principalmente granulares (areno limosos, areno arcillosos), aunque existen zonas con presencia de gravas y suelos finos arcillosos tipo CL que también pueden utilizarse para la construcción de muros. Se recomienda la colocación de una geomembrana en el talud de aguas arriba de los muros.

Para la elaboración de los diseños definitivos y la construcción se recomienda realizar prospecciones y ensayos adicionales, tales como:

- Empréstitos: clasificación completa USCS, Proctor, y corte directo.
- Suelo de fundación: clasificación completa USCS, compresión no confinada.
- Para evaluación del terreno natural agregar densidad in situ y Porchet.
- Al menos dos calicatas con ensayos en el eje del muro cada 500 m² de superficie y tres calicatas entre 500 m² y 1.000 m². Sobre 500 m² es posible añadir geofísica, que, si bien da una orientación respecto a la presencia de roca, no es concluyente. En este caso, es más recomendable hacer más calicatas y apoyarse en la morfología local presente en el lugar donde se proyecta la obra.

En todos los casos fue posible realizar las solicitudes de derechos de aprovechamiento de aguas para los beneficiarios de los proyectos, y en la reunión de entrega de resultados les fue explicado el proceso de seguimiento de las solicitudes y los pasos siguientes necesarios para completar el proceso, información que además quedó incorporada en las carpetas administrativas entregadas. En el mismo tema, las gestiones realizadas por la CNR frente a la DGA para reducir el costo de las visitas inspectivas fueron acogidas, siendo esto un importante apoyo a los usuarios para dar continuidad al proceso de obtención de los derechos de aprovechamiento.

Es importante recordar, que el producto entregado en este estudio corresponde a diseños a nivel de perfil avanzado, que si bien se encuentran muy avanzados requieren de ser afinados por el consultor de la ley que se haga cargo de la presentación a concurso. Esto genera además que las obras se encuentren sobreestimadas en sus costos, los que además tienden a ser altos principalmente por las obras anexas de hormigón, que responde 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.

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 práctica 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, 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.

En último lugar, se debe hacer notar que los productos de este estudio son un aporte a los beneficiarios ya que contienen todo lo necesario para poder generar un proyecto presentable a la Ley 18.450, pero al tratarse de perfiles de proyecto se requiere afinar algunos puntos, ajustar costos, etc. y que será 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 la elaboración del proyecto definitivo y de la información que se presente como respaldo al concurso.